

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

 С.И. Чуприс

17.07.2018
Регистрационный № УД 5352 /уч.

СОВРЕМЕННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 81 01 Физика конденсированного состояния**

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 81 01-2012 и учебного плана № G-31-239/уч от 26.05.2017 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.В.Углов — заведующий кафедрой физики твердого тела Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

В.Г.Шепелевич – профессор кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики твердого тела физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 12 от 27 июня _____ 2018 г.____);

Ученым Советом физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 12 от 28 июня 2018 г.____);

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Современные функциональные материалы» разработана для специальности 1-31 81 01 – Физика конденсированного состояния (компонент УВО).

Развитие научно-технического прогресса предъявляет новые требования к современным материалам, к числу которых относятся и функциональные материалы. Промышленность интересуют не только металлы, находящиеся в стабильном состоянии и обладающие определенными структурой, механическими и физическими свойствами, но и получение новых материалов с управляемой структурой, регулируемые свойствами и техническими параметрами, с определенной зависимостью свойств от внешних воздействий. Решение этой проблемы достигается изучением влияния химического состава и различных видов термической обработки, в том числе и нетрадиционных методов воздействия на протекание структурных и фазовых превращений и свойства материалов.

Целью изучения данной дисциплины является формирование у магистрантов систематизированных представлений о структурно-фазовых превращениях в сплавах, их использование при создании современных функциональных материалов.

Задачами дисциплины является рассмотрение структуры материала в различных состояниях, ее изменение при легировании и термическом воздействии, ее формирование при фазовых превращениях в твердом состоянии, влияние пластической деформации на структуру, стабильность деформированного состояния, а также изменение физических свойств при различных воздействиях.

В результате изучения дисциплины магистрант должен знать:

- физические основы структурно-фазовых превращений в сплавах;
- механизмы зарождения новой фазы;
- механизмы роста новой фазы;
- механизмы распада пересыщенных твердых растворов;
- описание кинетики фазовых превращений;
- процессы, протекающие в дисперсных средах;
- влияние пластической деформации на структуру металлов;
- структурные превращения в деформированных металлах;
- влияние структуры на физические свойства металлов;

уметь:

- анализировать структуру и структурно-фазовые превращения в металле;
- выбирать режимы нагрева металла при термической обработке сплавов;

- осуществлять выбор методов исследования сплавов, в которых происходят структурно-фазовые превращения.

В результате изучения дисциплины магистрант должен обладать следующими компетенциями.

Требования к академическим компетенциям магистра

Магистр должен быть способным:

- АК-1. Осуществлять самостоятельную научно-исследовательскую деятельность (включая анализ, сопоставление, систематизацию, абстрагирование, моделирование, проверку достоверности данных, принятие решений и др.).
- АК-2. Применять методологические знания и исследовательские умения, обеспечивающие постановку и решение задач научно-исследовательской, научно-педагогической, управленческой и инновационной деятельности.
- АК-3. Использовать междисциплинарный подход при решении проблем.
- АК-4. Применять технические устройства и компьютеры для решения профессиональных задач в области физики и техники.
- АК-5. Постоянно повышать свою квалификацию.

Требования к социально-личностным компетенциям магистра

Магистр должен:

- СЛК-3. Анализировать и принимать решения по научным и техническим проблемам, возникающим в профессиональной деятельности.

Требования к профессиональным компетенциям магистра

Магистр должен быть способен:

Научно-педагогическая и учебно-методическая деятельность

- ПК-4. Разрабатывать и использовать современное учебно-методическое обеспечение.

Научно-исследовательская деятельность

- ПК-5. Формулировать и решать задачи в области физического эксперимента.
- ПК-6. Квалифицированно проводить теоретические исследования в области физики конденсированного состояния.
- ПК-7. Использовать новейшие открытия в естествознании, физические основы современных технологических процессов, включая нанотехнологии.
- ПК-8. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

Производственно-технологическая деятельность

- ПК-9. Применять знания основ физики конденсированного состояния, методов исследования материалов, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, производственно-технической, опытно-конструкторской работы.
- ПК-10. Осуществлять на основе методов математического моделирования оценку эксплуатационных параметров материалов и технологических процессов их получения.

ПК-11. Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, технической и патентной литературой.

ПК-12. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

Организационно-управленческая деятельность

ПК-13. Принимать оптимальные управленческие решения.

ПК-14. Осваивать и реализовывать управленческие инновации в сфере высоких технологий.

Инновационная деятельность

ПК-15. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития физики и техники, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-16. Определять цели инноваций и способы их достижения.

Программа курса составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Общее количество часов –158; аудиторное количество часов — 60, из них: лекции —40, практические занятия — 16, УСР – 4. Форма отчётности — экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

- 1. Введение.** Общая характеристика материалов. Классификация материалов по структуре и физическим свойствам. Отраслевая классификация материалов. Композиционные материалы. Классификация современных и будущих материалов. Функциональные материалы их классификация. Требования, предъявляемые к функциональным материалам. Умные материалы. Роль материалов в научно-техническом развитии.
- 2. Получение чистых веществ и монокристаллов.** Характеристика чистоты по физическим свойствам. Получение высокочистых веществ. Жидкостная экстракция. Дистилляционные методы. Монокристаллы в науке и технике. Физико-химические основы кристаллизационной очистки металлов и полупроводников. Выращивание монокристаллов. Принцип Гиббса-Кюри и теорема Вульфа. Методы выращивания монокристаллов.
- 3. Формирование структуры при кристаллизации.** Зарождение твердой фазы при кристаллизации. Рост зародышей кристаллической фазы. Кинетика кристаллизации. Распределение компонентов при нормальной кристаллизации. Образование ячеистой и дендритной кристаллизации сплавов. Бездиффузионная кристаллизация. Высокоскоростная кристаллизация. Особенности формирования структуры и свойств быстрозатвердевших металлов.
- 4. Аморфные материалы.** Общие представления об аморфных металлах. Образование аморфной структуры. Модели структуры аморфных материалов. Ближний порядок в аморфных сплавах. Диффузия и дефекты в

аморфных сплавах. Кристаллизация аморфных сплавов. Свойства аморфных материалов.

5. Структурно-фазовое состояние материалов в твердом состоянии.

Стабильность структурно-фазового состояния металлов. Структура межзеренных границ. Структура межфазных границ. Фазовые превращения в твердом состоянии. Механизмы распада пересыщенных твердых растворов. Спинодальный распад. Механизм образования и роста зародышей. Гомогенное и гетерогенное зарождение новой фазы. Механизмы роста новой фазы. Рост новой фазы, контролируемый атомными процессами на межфазной границе. Рост новой фазы, контролируемый диффузией. Растворение выделений второй фазы. Кинетические кривые и формальное описание кинетики фазовых превращений. Кинетика фазовых превращений в пересыщенных твердых растворах. Дисперсные структуры. Уравнение Гиббса-Томпсона. Коалесценция. Сфероидизация. Гомогенизация. Гомогенизация. Механизмы пластической деформации. Дислокационная и зеренная структура деформированных металлов. Запасенная энергия деформированного металла. Механизмы упрочнения металла. Отдых. Полигонизация. Первичная рекристаллизация. Миграция высокоугловых границ. Кинетика первичной рекристаллизации. Температура рекристаллизации Собираетельная и вторичная рекристаллизация.

6. Функциональные наноматериалы.

Классификация наноматериалов. Физические и химические методы получения наноматериалов. Структура наноматериалов. Особенности свойств наноматериалов. Углеродные наноматериалы. Наноккомпозиты. Наномагнитные материалы. Алмазоподобные и керамические нанопленки. Применение наноматериалов.

7. Функциональные материалы.

Материалы с особыми электромагнитными свойствами. Магнитные материалы. Материалы с особыми электрическими свойствами.

Материалы с высокими значениями твердости. Инструментальные стали. Твердые сплавы. Сверхтвердые материалы.

Материалы с высокими значениями модуля упругости. Характеристики упругости твердых тел. Пружинные сплавы.

Умные материалы. Мартенситное превращение. Сплавы с эффектом памяти формы. Сплавы на основе никелида титана. Применение материалов с эффектом памяти формы.

Учебно-методическая карта дисциплины

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСП	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические занятия	Семинарские занятия	лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение	2						
1.1	<i>Общая характеристика материалов. Классификация материалов по структуре и физическим свойствам. Отраслевая классификация материалов. Композиционные материалы. Классификация современных и будущих материалов. Функциональные материалы их классификация. Требования, предъявляемые к функциональным материалам. Умные материалы.</i>	2					[50, 14д]	
2	Получение чистых веществ и монокристаллов	4						
2.1.	<i>. Характеристика чистоты по физическим свойствам. Получение высокочистых веществ. Жидкостная экстракция. Дистилляционные методы.</i>	2					[50,70,80]	
2.2	<i>Монокристаллы в науке и технике. Физико-химические основы кристаллизационной очистки металлов и полупроводников. Химические методы очистки веществ.</i>	2					[50,70,80] [6д, 10д]	

	<i>Выращивание монокристаллов. Методы выращивания монокристаллов</i>							
3	Формирование структуры материалов при кристаллизации	6						
3.1	<i>Зарождение твердой фазы при кристаллизации. Рост зародышевой кристаллической фазы. Кинетика кристаллизации.</i>	2					[1о, 5о,7о,12, 3д]	
3.2	<i>Распределение компонентов при нормальной кристаллизации. Образование ячеистой и дендритной кристаллизации сплавов.</i>	2					[1о, 5о,7о,12, 3д]	
3.3	<i>Бездиффузионная кристаллизация. Высокоскоростная кристаллизация. Особенности формирования структуры и свойств быстрозатвердевших металлов.</i>	2					[1о, 5о,7о,12, 3д]	
4	Аморфные материалы	4						
4.1	<i>Общие представления об аморфных металлах. Образование аморфной структуры. Модели структуры аморфных материалов. Ближний порядок в аморфных сплавах.</i>	2					[7о,12о, 10д]	
4.2	<i>Диффузия и дефекты в аморфных сплавах. Кристаллизация аморфных сплавов. Свойства аморфных материалов.</i>	2					[7о,12о, 10д]	
5	Структурно-фазовое состояние материалов	6	16					
5.1	<i>Стабильность структурно-фазового состояния металлов. Структура межзеренных границ. Структура межфазных границ. Фазовые превращения в твердом состоянии. Механизмы распада</i>	2	4				[1о,2о,3о.6о, 12о,5д, 13о, 16д]	

	<i>пересыщенных твердых растворов. Спинодальный распад. Механизм образования и роста зародышей. Гомогенное и гетерогенное зарождение новой фазы.</i>							
5.2	<i>Рост новой фазы, контролируемый атомными процессами на межфазной границе. Рост новой фазы, контролируемый диффузией. Растворение выделений второй фазы. Кинетические кривые и формальное описание кинетики фазовых превращений. Кинетика фазовых превращений в пересыщенных твердых растворах. Дисперсные структуры. Уравнение Гиббса-Томпсона. Коалесценция. Сфероидизация. Гомогенизация</i>	2	8				[1о,2о,3о.6о,12о,1д,5д,15д]	
5.3	<i>Механизмы пластической деформации. Дислокационная и зеренная структура деформированных металлов. Запасенная энергия деформированного металла. Механизмы упрочнения металла. Отдых. Полигонизация. Первичная рекристаллизация. Миграция высокоугловых границ. Кинетика первичной рекристаллизации. Температура рекристаллизации. Собирательная и вторичная рекристаллизация.</i>	2	4			2	[3о.6о,9о,10о,12о,5д]	Контрольная работа
6	Функциональные наноматериалы	10						
6.1	<i>Классификация наноматериалов. Физические и химические методы получения наноматериалов. Структура наноматериалов</i>	2					[11о,7-12д]	

6.2	<i>. Особенности свойств наноматериалов Наномагнитные материалы..</i>	2					[11о,7-12д]	
6.3	<i>Углеродные наноматериалы. Наноккомпозиты.</i>	2					[11о,7-12д]	
6.4	<i>Алмазоподобные и керамические нано пленки. Применение наноматериалов.</i>	4					[11о,7-12д]	
7	Функциональные материала с особыми физическими свойствами	8						
	<i>Материалы с особыми электромагнитными свойствами. Магнитные материалы. Материалы с особыми электрическими свойствами. Материалы с высокими значениями твердости. Инструментальные стали. Твердые сплавы. Сверхтвердые материалы.</i>	2					[5о,7о, 7д,10д-12д,13о, 16д]	
7.2	<i>Материалы с высокими значениями твердости. Инструментальные стали. Твердые сплавы. Сверхтвердые материалы. Материалы с высокими значениями модуля упругости. Характеристики упругости твердых тел. Пружинные сплавы.</i>	2					[5о,7о, 10д-12д,]	
7.3	<i>Умные материалы. Мартенситное превращение. Сплавы с эффектом памяти формы. Сплавы на основе никелида титана. Применение материалов с эффектом памяти формы.</i>	2				2	[4о,2д,7д,14д]	Защита рефератов
	<i>Форма отчетности</i>							Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Фольмар М. Кинетика образования фаз. М.: Мир, 1986.
2. Мартин Дж., Доэрти Р. Стабильность микроструктуры металлов. М.: Атомиздат, 1978.
3. Мозберг. Р.К. Материаловедение. М.: Высшая школа, 1991.
4. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Metallurgia, 1978.
5. Физическое материаловедение. Т. 5. Материалы с заданными свойствами. М.: МИФИ, 2008.
6. Кристиан Дж. Теория превращений в металлах и сплавах. М.: Мир, 1978.
7. Физическое материаловедение. Т.1, 2 и 3. Под ред. Р.У. Канны и П. Хаазена. М.: Metallurgia, 1987.
8. Соколовская Е.М., Гузей Л.М. Металлохимия. М.: МГУ, 1986.
9. Хоникомб. Р. Пластическая деформация металлов. М.: Мир, 1972.
10. Горелик С.С., Добаткин С.В. и Капуткина Л. М. Рекристаллизация металлов и сплавов. М.: МИСИС, 2005.
11. Келсалла Р., Хамли А., Геогегана М. Научные основы нанотехнологий и новые приборы. Долгопрудный. Изд. Дом. «Интеллект». 2011.
12. Шепелевич В.Г. Структурно-фазовые превращения в металлах. Мн.: БГУ, 2007.
13. Углов В.В. Радиационные эффекты в твердых телах. Мн.: БГУ. 2011.

Перечень дополнительной литературы

1. Чуистов К.В. Старение металлических сплавов. М.: Мир, 1985.
2. Блантер М.Е. Теория термической обработки. М.: Metallurgia. 1984.
3. Шепелевич В.Г. Физика и материаловедение алюминия и его сплавов. Мн.: БГУ, 2002.
4. Солнцев Ю.П. и др. Материаловедение и технология металлов. М.: Metallurgia, 1988.
5. Шепелевич В.Г. Сборник задач по физике металлов и материаловедению. Мн.: Технология, 2000.
6. Лодиз Р., Паркер Р. Рост монокристаллов. М.: Мир, 1974.
7. Журавлев В.Н., Пушин В.Г. Сплавы с термомеханической памятью и их применение в медицине. Екатеринбург. УрО РАН, 2000.
7. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос, 2000.
8. Гарелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков. – МИСИС, 2003.
9. Елецкий А.В., Смирнов Б.М. Фуллерены и структуры углерода. // УФН. – 1995. – Т.165, № 9. С. 977- 1010.
10. Новые материалы. Состояние, проблемы, перспективы. М.: МИСИС, 1995.
11. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. М.: Химия, 1978.
12. Уайэтт, Д. Дью-Хьюз. Металлы. Керамика. Полимеры. М.: Атомиздат, 1979.
13. Грабский М.В. Структурная сверхпластичность металлов. М.; Metallurgia, 1975.
14. Плескачевский Ю.М., Шилько С.В., Стельмах С.В. Этапы развития и уровни организации структуры материалов. Докл АН Беларуси. 1999. Т. 43, № 5. С. 119 – 123.
15. Углов В.В., Черенда Н.Н., Анищик В.М. Методы анализа элементного состава поверхностных слоев. Мн.: БГУ, 2007.
16. Углов В.В. Радиационные процессы и явления в твердых телах. Мн., Высшая школа, 2016.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Контрольная работа
2. Рефераты.

Примерный перечень заданий по управляемой самостоятельной работе студентов

Рекомендуемые темы контрольных заданий

1. Гомогенное зарождение.
2. Гетерогенное зарождение.
3. Механизмы распада пересыщенных твердых растворов.
4. Дисперсные структуры.
5. Коалесценция дисперсных частиц.
6. Деформированное состояние металлов.
7. Полигонизация.
8. Рекристаллизационные процессы в металлах.
9. Старение алюминиевых сплавов.
10. Размерные эффекты в наночастицах.
11. Керамические материалы.
12. Алмазоподобные соединения.

Рекомендуемые темы реферативных работ

1. Многокомпонентные припои на основе олова.
2. Многокомпонентные припои на основе цинка.
3. Многокомпонентные припои на основе индия.
4. Коррозионностойкие стали.
5. Жаропрочные и жаростойкие стали
6. Деформируемые алюминиевые сплавы.
7. Литейные алюминиевые сплавы.
8. Получение алюминиевых сплавов сверхбыстрой закалкой из расплава.
9. Миниатюрные датчики Холла на основе InSb.
10. Мартенситное превращение в сталях.
11. Дислокационные механизмы двойникования.

Практические занятия

1. Качественный фазовый рентгеноструктурный анализ.
2. Прецизионные измерения периода кристаллической решетки.
3. Определение типа твердого раствора.
4. Рентгенографический анализ текстур.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать контрольные работы по разделам дисциплины, защиту реферативных работ. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Контрольная работа проводится в письменной форме. Задание включает в себя два вопроса по соответствующим тематическим разделам. На выполнение работы отводится 90 мин. По согласованию с преподавателем при подготовке ответа разрешается использовать справочные и учебные издания. Оценка результатов контрольной работы проводится по десятибалльной шкале.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за каждую из контрольных работ и оценки за защиту реферата.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости – 0.3, для экзаменационной оценки – 0.7.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь №53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 №382-ОД);

3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2003 г.)

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Фазовые превращения в металлах	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № <u>12</u> от <u>27</u> . <u>06</u> . <u>2018</u>

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на / учебный год

№№ п.п.	Дополнения и изменения	Основания

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой
физики твердого тела
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.У. Углов

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.М. Анищик

Цель спецкурса	Целью изучения данной дисциплины является формирование у студентов систематизированных представлений о структурно-фазовых превращениях в сплавах, их использование при создании современных функциональных материалов.
Базовые курсы	Молекулярная физика, термодинамика и статистическая физики, некоторые вопросы кристаллофизики и термодинамики твердого состояния, кристаллография и дефекты в кристаллах, физика твердого тела.
Содержание	<p>1. Введение. Общая характеристика материалов. Классификация материалов по структуре и физическим свойствам. Отраслевая классификация материалов. Композиционные материалы. Классификация современных и будущих материалов. Функциональные материалы их классификация. Требования, предъявляемые к функциональным материалам. Умные материалы. Роль материалов в научно-техническом развитии.</p> <p>2. Получение чистых веществ и монокристаллов. Характеристика чистоты по физическим свойствам. Получение высокочистых веществ. Жидкостная экстракция. Дистилляционные методы. Монокристаллы в науке и технике. Физико-химические основы кристаллизационной очистки металлов и полупроводников. Химические методы очистки веществ. Выращивание монокристаллов. Методы выращивания монокристаллов.</p> <p>3. Формирование структуры при кристаллизации. Зарождение твердой фазы при кристаллизации. Рост зародышей кристаллической фазы. Кинетика кристаллизации. Распределение компонентов при нормальной кристаллизации. Образование ячеистой и дендритной кристаллизации сплавов. Бездиффузионная кристаллизация. Высокоскоростная кристаллизация. Особенности формирования структуры и свойств быстрозатвердевших металлов.</p> <p>4. Аморфные материалы. Общие представления об аморфных металлах. Образование аморфной структуры. Модели структуры аморфных материалов. Ближний порядок в аморфных сплавах. Диффузия и дефекты в аморфных сплавах. Кристаллизация аморфных сплавов. Свойства аморфных материалов.</p> <p>5. Структурно-фазовое состояние материалов в твердом состоянии. Стабильность структурно-фазового состояния металлов. Структура межзеренных границ. Структура межфазных границ. Фазовые превращения в твердом состоянии. Механизмы распада пересыщенных твердых растворов. Спинодальный распад. Механизм образования и роста зародышей. Гомогенное и гетерогенное зарождение новой фазы. Механизмы роста новой фазы. Рост новой фазы, контролируемый атомными процессами на межфазной границе. Рост новой фазы, контролируемый диффузией. Растворение выделений второй фазы. Кинетические кривые и формальное описание кинетики фазовых превращений. Кинетика фазовых превращений в пересыщенных твердых растворах. Дисперсные структуры. Уравнение Гиббса-Томпсона. Коалесценция. Сфероидизация. Гомогенизация. Гомогенизация. Механизмы пластической деформации. Дислокационная и зеренная структура деформированных металлов. Запасенная энергия деформированного металла. Механизмы упрочнения металла. Отдых. Полигонизация. Первичная рекристаллизация. Миграция высокоугловых границ. Кинетика первичной рекристаллизации. Температура рекристаллизации Собираательная и вторичная рекристаллизация.</p> <p>6. Функциональные наноматериалы. Классификация наноматериалов. Физические и химические методы получения наноматериалов. Наноконпозиты. Структура наноматериалов. Особенности свойств наноматериалов. Углеродные наноматериалы. Наномагнитные материалы. Алмазоподобные и керамические наноопленки. Применение наноматериалов.</p> <p>7. Функциональные материалы. Материалы с особыми электромагнитными свойствами. Магнитные материалы. Материалы с особыми электрическими свойствами. Материалы с высокими значениями твердости. Инструментальные стали. Твердые сплавы. Сверхтвердые материалы. Материалы с высокими значениями модуля упругости. Характеристики упругости твердых тел. Пружинные сплавы. Умные материалы. Мартенситное превращение. Сплавы с эффектом памяти формы. Сплавы на основе никелида титана. Применение материалов с эффектом памяти формы.</p>
Методика преподавания	Лекции
Литература	1. Фольмар М. Кинетика образования фаз. М.: Мир, 1986. 2. Мартин Дж. Доэрти Р. Стабильность микроструктуры металлов. М.: Атомиздат, 1978. 3. Мозберг. Р.К. Материаловедение. М.: Высшая школа, 1991. 4. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1978. 5. Шепелевич В.Г. Структурно-фазовые превращения в металлах. Мн.: БГУ, 2007..
Экзаменационная методика	Экзамен
Примечания	