

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебно-методической работе, д-р физ.-мат. наук, профессор

Е.Г. Елина

« 04 » июля 2016 г.



**Рабочая программа кандидатского экзамена по дисциплине  
специальности**

Направление подготовки кадров высшей квалификации

**22.06.01 - Технологии материалов**

Направленность

**Материаловедение**

Квалификация (степень) выпускника

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

Очная

Саратов  
2016

## **1. Цели и задачи кандидатского экзамена**

**Цель:** проверка приобретенных аспирантами знаний, касающихся важнейших проблем научно-исследовательской и профессиональной деятельности в соответствии с требованиями подготовки федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 22.06.01 Технологии материалов, направленность Материаловедение

### **Задачи:**

- определить уровень знаний и квалификацию обучающегося по основным вопросам направленности «Материаловедение» направления подготовки «Технологии материалов»;
- определить уровень знаний и квалификацию обучающегося по специальным вопросам материаловедения, развиваемым на базе Саратовского государственного университета;
- выявить уровень полученных компетенций.

## **2. Место кандидатского экзамена в структуре ООП аспирантуры**

«Кандидатский экзамен по дисциплине специальности» входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части программы по направлению подготовки 22.06.01 Технологии материалов, направленность Материаловедение (Б1.В.ОД.2.2)..

## **3. Компетенции, проверяемые в процессе сдачи кандидатского экзамена.**

ОПК-3 – способность и готовность экономически оценивать производственные и непроизводственные затраты на создание новых материалов и изделий, проводить работу по снижению их стоимости и повышению качества;

ОПК-4 – способность и готовность выполнять нормативные требования, обеспечивающие безопасность производственной и эксплуатационной деятельности;

ОПК-6 – способность и готовность выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя с применением компьютерных технологий;

ОПК-7 – способность и готовность вести патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей;

ОПК-8 – способность и готовность обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады;

ОПК-9 – способность и готовность разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ.

## **4. Структура и содержание программы кандидатского экзамена.**

- Общая трудоемкость – 1 зач. единица;  
- 36 часов;  
- 5 семестр.



## Содержание дисциплины (программа)

### кандидатского экзамена по направлению подготовки 22.06.01 - Технологии материалов, направленность Материаловедение

#### 1. Теоретические основы материаловедения

##### 1.1. *Строение и свойства материалов.*

Строение атома и периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Электронная структура. Типы межатомных связей в кристаллах.

Кристаллическое строение твердых тел. Типы кристаллических решеток металлов и их характеристика. Реальное строение металлических и неметаллических кристаллов. Анизотропия свойств кристаллов. Дефекты кристаллического строения: точечные, линейные, поверхностные и объемные. Дислокационная структура и прочность металлов.

Фуллерены и нанотрубки. Наноструктурное строение веществ. Процессы самоорганизации дислокационной и фрактальной структур материалов с позиций синергетики.

##### 1.2. *Основы электронной теории твердых тел.*

Зонная теория твердых тел. Связь физических свойств с поведением электронов. Теплопроводность, электропроводность и электронная теплоемкость металлов. Термоэлектронная эмиссия. Сверхпроводимость. Электронное строение полупроводников и диэлектриков.

Магнитные свойства материалов. Диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм.

##### 1.3. *Формирование структуры металла при кристаллизации.*

Агрегатные состояния веществ. Энергетические условия и термодинамика процесса кристаллизации. Самопроизвольная и несамопроизвольная кристаллизация. Форма кристаллических образований. Строение слитка. Полиморфизм. Магнитные превращения. Аморфное состояние металлов. Аморфные сплавы.

##### 1.4. *Строение пластически деформированных металлов.*

Структурные изменения в металлах в условиях холодной и горячей пластической деформации. Температура рекристаллизации. Строение металлов после возврата и рекристаллизации. Механизм и стадии процесса рекристаллизации. Условия реализации направленной кристаллизации.

##### 1.5. *Основы теории сплавов и термической обработки.*

Условия термодинамического равновесия. Определение системы, фазы, структуры. Смеси, химические соединения, твердые растворы, промежуточные фазы. Правило фаз.

Основные типы диаграмм состояния двойных сплавов и методы их построения. Эвтектическое и перитектическое превращения. Виды ликвации. Фазовые и структурные превращения в твердом состоянии. Эвтектоидное превращение. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.

Диаграммы состояния железо-цементит и железо-графит. Влияние легирующих компонентов на критические точки железа и стали, свойства феррита и аустенита.

Фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении. Процесс образования аустенита при нагреве. Механизм превращений переохлажденного аустенита. Изотермические и термокинетические диаграммы. Влияние состава стали на процесс распада аустенита. Критическая скорость охлаждения при закалке. Мартенситное превращение, механизм и кинетика. Структура и свойства мартенсита. Влияние деформации на мартенситное превращение. Превращения при отпуске стали. Термодинамика и процесс коагуляции. Изменение структуры и свойств при отпуске. Отпуская хрупкость и способы ее предотвращения.

#### 2. Методы исследования структуры и физических свойств материалов

##### 2.1. *Методы исследования структуры и фазового состава.*



Металлографические и фрактографические методы исследования, оптическая и электронная, в том числе дифракционная микроскопия (просвечивающий и сканирующий электронные микроскопы). Рентгеновские методы исследования: структурный и спектральный методы анализа.

*2.2. Методы исследования физических свойств и фазовых превращений в металлах и сплавах.*

Магнитный и электрический методы анализа фазовых и структурных превращений. Метод термо-ЭДС. Метод ядерного магнитного резонанса.

Метод ядерного гаммарезонанса.

*2.3. Физические методы неразрушающего контроля дефектов материалов.*

Ультразвуковая дефектоскопия. Рентгеновская и гамма-дефектоскопия. Метод вихревых токов. Магнитная и тепловая дефектоскопия.

### **3. Механические свойства материалов и методы их определения**

*3.1. Схемы напряженного и деформированного состояний материалов.*

Плоское и объемное напряженные состояния. Плоская деформация. Концентрация напряжений. Остаточные напряжения, определение, классификация.

*3.2. Упругие свойства материалов.*

Модуль упругости и его зависимость от кристаллической структуры материала. Упругое последствие, упругий гистерезис, внутреннее трение.

*3.3. Пластическая деформация и деформационное упрочнение.*

Процессы скольжения и двойникования. Краевые, винтовые и смешанные дислокации. Вектор Бюргерса. Скольжение и переползание дислокаций. Взаимодействие дислокаций между собой и с примесями. Особенности деформации монокристаллов и поликристаллов. Влияние границ зерен на пластическую деформацию поликристаллов. Дисклинации. Сверхпластичность. Влияние пластической деформации на структуру и свойства материалов. Механизм упрочнения. Деформационное упрочнение. Упрочнение твердых растворов при взаимодействии дислокаций с примесями внедрения. Дисперсионное твердение.

*3.4. Разрушение материалов.*

Виды разрушения материалов. Механизмы зарождения трещин. Силовые, деформационные и энергетические критерии локального разрушения. Трещиностойкость. Подходы механики разрушения к выбору конструкционных материалов, расчету размера допустимого дефекта и прогнозированию долговечности. Фрактография как метод количественной оценки механизма разрушения.

*3.5. Механические свойства материалов и методы их определения.*

Классификация методов механических испытаний. Значение механических характеристик в материаловедении.

Механические свойства, определяемые при статическом нагружении. Испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, трещиностойкость. Влияние легирования, структуры концентраторов напряжений и масштабного фактора на характеристики механических свойств.

Механические свойства, определяемые при динамическом нагружении. Влияние скорости деформирования на характеристики прочности и пластичности. Динамические испытания на изгиб образцов. Ударная вязкость. Методы определения ударной вязкости и ее составляющих.

Механические свойства, определяемые при циклическом нагружении. Усталость, диаграммы усталости, предел выносливости. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Природа усталостного разрушения. Влияние различных факторов на сопротивление усталости.

Испытания на твердость вдавливанием и царапанием. Триботехнические испытания.

*3.6. Поведение материалов под нагрузкой при охлаждении и нагреве.*



Поведение материалов под нагрузкой при охлаждении от комнатных температур до криогенных. Хладостойкость и критическая температура хрупкости, методы определения.

Поведение материалов под нагрузкой при нагреве от комнатных температур до температуры рекристаллизации и выше. Синеломкость и тепловая хрупкость. Жаростойкость и жаропрочность. Ползучесть, диаграммы ползучести, предел ползучести. Теория рекристаллизационной ползучести. Длительная прочность, диаграммы длительной прочности, предел длительной прочности. Механизм хрупкого разрушения при ползучести. Релаксация напряжений, диаграммы релаксации, релаксационная стойкость. Влияние легирования и структуры на характеристики жаропрочности материалов.

### *3.7. Воздействие внешней среды.*

Адсорбционные процессы при деформации и разрушении металлов. Эффект Ребиндера. Влияние поверхностноактивных сред на прочность металлов и сплавов.

Закономерности окисления металлов. Коррозия металлов и сплавов под напряжением. Коррозионное растрескивание. Межкристаллитная коррозия. Сопrotивляемость материалов кавитационному и эрозионному разрушению. Влияние радиационного облучения на строение и свойства материалов.

## **4. Технология, химико-термической термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов**

Термическая обработка стали. Основные виды термической обработки стали. Выбор вида термической обработки в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации. Влияние термической обработки на свойства конструкционных сталей и сварных соединений.

Химико-термическая обработка. Общие закономерности. Цементация с последующей термической обработкой. Азотирование. Влияние легирующих компонентов на толщину, твердость и износостойкость азотированного слоя. Структура и свойства азотированной стали. Нитроцементация стали. Диффузионная металлизация: алитирование, хромирование, силицирование и т.п. Многокомпонентные покрытия. Диффузионное насыщение в ионизированных газовых средах.

Термомеханическая обработка. Основные виды: предварительная высокотемпературная, низкотемпературная. Структура и свойства материалов после термомеханической обработки.

Поверхностное упрочнение металлов и сплавов путем воздействия концентрированных потоков энергии. Поверхностное легирование и термическая обработка при лазерном и электронно-лучевом нагреве. Поверхностное упрочнение металлов и сплавов путем воздействия пластической деформации. Физическая сущность процесса. Роль остаточных напряжений. Области применения.

Деформация изделий при их обработке и способы ее предупреждения.

## **5. Металлы и сплавы в машиностроении**

### *5.1. Конструкционная прочность материалов.*

Критерии прочности, надежности, долговечности и износостойкости. Методы повышения конструкционной прочности.

### *5.2. Конструкционные углеродистые и легированные стали.*

Требования, предъявляемые к конструкционным сталям. Металлургическое качество сталей Классификация углеродистых сталей по качеству, структуре и областям применения. Влияние углерода и примесей на свойства углеродистых сталей. Углеродистые качественные стали. Автоматные стали. Углеродистые инструментальные стали.

Легированные стали. Влияние легирующих компонентов и примесей на дислокационную структуру и свойства сталей. Классификация и маркировка легированных сталей. Цементуемые (нитроцементуемые) легированные стали.



Улучшаемые легированные стали. Пружинные стали общего назначения. Шарикоподшипниковые стали. Износостойкие стали.

### *5.3. Высокопрочные мартенситностареющие стали.*

Принципы легирования. Мартенситное превращение. Влияние легирующих элементов на кинетику фазовых превращений и особенности термической обработки. Экономнолегированные мартенситностареющие стали. Свойства мартенситностареющих сталей и области применения.

### *5.4. Конструкционные и коррозионностойкие стали.*

Общие принципы легирования и структура коррозионностойких сталей. Хромистые, хромоникелевые, хромомарганцевоникелевые и хромазотистые аустенитные стали. Высоколегированные кислотостойкие стали. Жаростойкие и окалиностойкие стали.

### *5.5. Жаропрочные стали и сплавы.*

Принципы легирования жаропрочных сталей и сплавов. Упрочняющие фазы. Жаропрочные стали перлитного и мартенситного классов. Жаропрочные стали аустенитного класса с карбидным и интерметаллидным упрочнением. Жаропрочные и жаростойкие никелевые сплавы. Термическая обработка жаропрочных никелевых сплавов. Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе. Области применения в машиностроении.

### *5.6. Инструментальные стали.*

Классификация инструментальных сталей по теплостойкости, структуре и областям применения. Быстрорежущая сталь и особенности ее термической обработки. Штамповые стали для деформирования в горячем и холодном состоянии. Стали для форм литья под давлением и прессования.

### *5.7. Чугуны.*

Свойства и назначение чугунов, принципы классификации. Белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны. Фазовые превращения при термической обработке чугуна. Применение в машиностроении

### *5.8. Цветные металлы и сплавы.*

Алюминий и его сплавы. Классификация алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы. Литейные алюминиевые сплавы. Особенности термической обработки. Спеченные алюминиевые сплавы. Технологические и механические свойства. Области применения алюминия и его сплавов.

Магний и его сплавы. Классификация магниевых сплавов. Деформируемые и литейные сплавы. Термическая обработка магниевых сплавов. Защита магниевых сплавов от коррозии.

Медь и ее сплавы. Влияние примесей на структуру и свойства меди. Классификация медных сплавов. Латунни, их свойства. Строение и свойства оловянных, алюминиевых, свинцовых, марганцовистых и бериллиевых бронз. Медноникелевые сплавы. Области применения меди и ее сплавов.

Титан и его сплавы. Классификация легирующих элементов и типы сплавов титана. Механические, технологические и коррозионные свойства титановых сплавов. Водородная хрупкость титановых сплавов. Конструкционные и жаропрочные сплавы титана. Особенности термической обработки.

Цинк, свинец, олово и их сплавы. Припой на оловянистой и свинцовой основах. Антифрикционные сплавы.

### *5.9. Металлы и сплавы с особыми свойствами.*

Магнитные материалы. Классификация материалов по магнитным свойствам. Кривая намагничивания. Процессы, происходящие при намагничивании монокристалла. Низкочастотные и высокочастотные магнитомягкие материалы. Магнитотвердые деформируемые, литые и спеченные материалы.

Материалы с особыми тепловыми и упругими свойствами. Сплавы с заданными коэффициентом теплового расширения и модулем упругости.



Проводниковые и полупроводниковые материалы. Электропроводность твердых тел. Материалы высокой проводимости: проводниковые, припой, сверхпроводники. Сплавы повышенного электросопротивления. Контактные материалы. Полупроводниковые материалы. Строение и свойства. Кристаллофизические методы получения сверхчистых материалов. Легирование полупроводников.

Материалы атомной техники. Конструкционные материалы. Ядерное горючее. Теплоносители.

Материалы, обладающие эффектом памяти формы. Классификация, структура, физико-механические свойства. Применение в машиностроении.

## **6. Неметаллические материалы в машиностроении**

### *6.1. Полимеры и пластические массы.*

Классификация и структура полимерных материалов. Молекулярная структура полимеров. Теории роста полимерных кристаллов. Особенности механических свойств полимеров, обусловленные их строением. Релаксационные свойства. Вязкое течение растворов и расплавов полимеров. Старение и стабилизация полимеров. Типы разрушения полимеров. Влияние внешних факторов на процесс разрушения. Физико-механические, адгезионные, фрикционные, антикоррозионные, диэлектрические свойства полимеров, методы исследования этих свойств.

Состав, классификация и свойства пластических масс. Пластмассы на основе термопластичных и термореактивных полимеров. Отвердители, наполнители, пластификаторы, катализаторы, пигменты, ингибиторы. Методы переработки пластмасс в изделия. Материалы, технология и оборудование для получения полимерных покрытий.

### *6.2. Композиционные материалы.*

Принципы создания и основные типы композиционных материалов. Композиционные материалы с нуль-мерными и одномерными наполнителями. Эвтектические композиционные материалы. Композиционные материалы на неметаллической основе. Механические свойства композиционных материалов, моделирование на ЭВМ разрушения композиционных материалов с использованием свойств армирующих волокон, объемной доли и свойств матрицы. Механизм разрушения. Основы расчета на прочность изделий из композиционных материалов. Способы компьютерного моделирования состава, структуры, свойств и процесса разрушения композиционных материалов. Области и перспективы применения композиционных материалов в машиностроении.

### *6.3. Резиновые материалы.*

Состав и классификация резин. Технология приготовления резиновых смесей и формирования деталей из резины. Физико-механические свойства резины. Влияние условий эксплуатации на свойства резин. Применение резиновых материалов в машиностроении.

### *6.4. Ситалы, керамические и другие неорганические материалы.*

Строение, свойства и виды технического стекла, ситалов, фарфора и фаянса. Тугоплавкие соединения, основные типы, состав, структура, свойства, методы получения (в том числе, СВС – самораспространяющийся высокотемпературный синтез). Нанокристаллические материалы. Стекланные смазки и защитные покрытия. Эмали для защиты металлов. Техническая керамика. Огнеупорные и конструкционные керамические материалы. Применение керамики в машиностроении. Графит и его модификации в качестве конструкционных материалов.

### *6.5. Лакокрасочные и клеящие материалы.*

Состав и классификация лакокрасочных материалов. Особенности кремнийорганических покрытий. Технологические методы нанесения лакокрасочных покрытий. Технология нанесения лакокрасочных покрытий. Сравнительные свойства лакокрасочных покрытий и их применение в машиностроении.



Клеящие материалы, состав и классификация. Физико-химическая природа. Конструкционные клеи. Состав клеевых соединений. Методы получения клеевых соединений и их испытания. Применение клеевых соединений в машиностроении.

#### **7. Эффективность применения материалов в машиностроении с учетом экономичности, долговечности, безопасности и экологической чистоты**

Методика расчета экономического эффекта за счет рационального выбора и применения машиностроительных материалов. Сравнительные данные по стоимости углеродистых сталей и сплавов, цветных металлов и сплавов, неметаллических материалов и области их эффективного применения. Себестоимость различных операций термической и химикотермической, термомеханической обработки материалов. Повышение надежности, долговечности и безопасности изделий машиностроения за счет применения новых материалов, обладающих уникальными физико-механическими, технологическими и эксплуатационными свойствами, а также экологической чистотой. Совершенствование технических требований к материалам в нормативно-технической документации.

#### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.**

Основной формой подготовки к экзамену является самостоятельная работа аспирантов, научные консультации, предлагаемые в процессе изучения отдельных вопросов технологии материалов, а также самостоятельное изучение нормативных документов и рекомендованной литературы.

#### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение**

##### **Основная литература:**

1. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. и др. Материаловедение, М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001, 648 с. ✓
2. Абраимов Н.В., Елисеев В.С., Крылов В.В. Авиационное материаловедение и технология обработки металлов. /Под ред. Н.В. Абраимова. – М.: Высшая школа, 1998. 444 с. ✓
3. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. – М.: Металлургия, 1989. 456 с. ✓
4. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990. 528 с. ✓
5. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. 542 с. ✓
6. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Матюнин В.М. и др. Материаловедение и технология металлов. /Под ред. Фетисова Г.П. М.: Высшая школа, 2001, 640 с. ✓
7. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. – М.: Изд-во «МИСИС», 1999. 408 с. ✓
8. Григорович В.К. Металлическая связь и структура металлов. – М.: Наука, 1988. 296 с. ✓
9. Ильин А.А. Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах. – М.: «Наука», 1994. 304 с. ✓
10. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. М.: Металлургия, 1990. 336 с. ✓
11. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1986. 480 с. ✓
12. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. – М.: МИСИС, 1998. 400 с. ✓
13. Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. – М.: Высшая школа, 1988. 312 с. ✓
14. Лифшиц Б.Г. Металлография. – М.: Металлургия, 1990. 236 с. ✓



15. Партон В.З. Механика разрушения. От теории к практике. – М.: Наука, 1990. 179 с.
16. Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогоев А.А. Синергетика и фракталы в материаловедении. – М.: Наука, 1994. 384 с.
17. Шмитт-Томас К.Г. Металловедение для машиностроения. – М.: Металлургия, 1995. 512 с.
18. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. – М.: Изд-во «МИСИС», 1999. 416 с.
19. Сталь на рубеже веков. Коллектив авторов. Под ред. Ю.С.Карабасова. М.: МИСИС, 2001. 700 с.
20. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. – М.: Изд-во Аспект Пресс, 1997. 718 с.

#### Дополнительная литература:

1. Материаловедение. Технология конструкционных материалов : учеб. пособие / под ред. В. С. Чередниченко. - 5-е изд., стер. - М. : Омега-Л, 2009. - 751 с.
2. Колесов С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов [Текст] : учеб. для вузов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2008. - 534 с.
3. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. Г. Цирельсон. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 495, [1] с. : граф., табл. - (Учебник для высшей школы). - [Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твёрдые тела] . - Библиогр. в конце глав. - Библиогр.: с.485-487. - Предм. указ.: с. 488-495.
4. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ [Текст] : учеб. пособие/ Г. В. Фетисов ; под ред. Л. А. Асланова. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 671, [1] с. : рис. - (Фундаментальная и прикладная физика). - Библиогр.: с. 636-663. - Предм. указ.: с. 664-671.
5. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий [Текст] / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 454 с. : рис.
6. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения [Текст] = Physical Foundations of Materials Science / Г. Готтштайн ; пер. с англ. К. Н. Золотовой, Д. О. Чаркина ; под ред. В. П. Зломанова. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009. - 400 с. : ил.
7. Биомедицинское материаловедение : учеб. пособие для вузов / С. П. Вихров [и др.] . - М.: Горячая линия - Телеком, 2006. - 383 с.
8. Пантелеев, В. Г. Компьютерная микроскопия / В. Г. Пантелеев, О. В. Егорова, Е. И. Клыкова. - М.: Техносфера, 2005. - 303 с.
9. Хартманн У. Очарование нанотехнологии (Fascination Nanotechnology) / У. Хартманн ; пер. с нем. Т. Н. Захаровой ; под ред. Л. Н. Патрикеева. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 173 с.
10. Пул Ч. П. (мл.). Нанотехнологии : учеб. пособие / Ч. П. Пул, Ф. Дж. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 3-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2007. - 375 с.
11. Старостин В. В. Материалы и методы нанотехнологии : учеб. пособие / В. В. Старостин ; под общ. ред. Л. Н. Патрикеева. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 431 с.
12. Уорден, К. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применение / К. Уорден ; пер. с англ. под ред. С. Л. Баженова. - М.: Техносфера, 2006. - 223 с.
13. Физико-химическая эволюция твердого вещества / И. В. Мелихов. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 309, [3] с. : ил. - (Нанотехнология). - [Физико-химическая эволюция твёрдого вещества]. - Библиогр. в конце глав.
14. Физическая химия твердого тела: Кристаллы с дефектами : учеб. для хим.-технол. спец. вузов по спец. "Хим. технология материалов и изделий электрон. техники" / П. В. Ковтуненко. - М. : Высш. шк., 1993. - 352 с. : ил.



15. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. - М. : Физматлит, 2005. - 410 с.
16. Андриевский Р.А. Наноструктурированные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля - М. : Академия, 2005. - 178 с.
17. Барыбин А.А. Физико-технологические основы электроники / А.А. Барыбин, В.Г. Сидоров. - СПб. : ЛАНЬ, 2001. - 268 с.
18. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздалев. - М. : КомКнига, 2006.-589 с.

**Веб-сайты с электронными ресурсами:**

- **eLIBRARY.RU** [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. - URL: <http://www.elibrary.ru>
- **Каталог образовательных Интернет-ресурсов.** - URL: <http://window.edu.ru/window/>
- **ibooks.ru** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. - URL: <http://ibooks.ru>
- Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. - URL: <http://e.lanbook.com/>
- **Единая** коллекция цифровых образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. - URL: <http://scool-collection.edu.ru>
- **Единое окно** доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. - URL: <http://window.edu.ru>
- **Znanium.com** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. - URL: <http://znanium.com>
- **Антиплагиат** [Электронный ресурс]. - Режим доступа - URL: <http://www.antiplagiat.ru/index.aspx>

**Единая информационная среда образовательного учреждения**

- Грин Плюс (<http://www.grinp.ru>),
- ИВЦ АБЕРС (ООО «ФинПромМаркет-XXI») (<http://www.iicavers.ru>),
- Кирилл и Мефодий (<http://www.km-school.ru>),
- Системы-Программы-Сервис (<http://sps.express.ru>),
- Хронобус (<http://www.chronobus.ru>) образовательные и интернет-проекты:
- Controlling Chaos Technologies (Технологии Управляемого Хаоса) (<http://www.controlchaostech.com>),
- Компьютерная школа «КОМПЬЮТЕРиЯ» (<http://www.computeria.ru>),
- Общество «Знание» России (<http://www.znanie.net>)

**Интел:**

- <http://www.iteach.ru/Intel®> Обучение для будущего
- <http://educate.intel.com/ru/AssessingProjects/AssessmentStrategies/> Оценивание проектов
- <https://sites.google.com/site/treningservisyweb/> Тренинг "Сервисы WEB 2.0 в профессиональной деятельности педагога"

**Интуит:**

- <http://www.intuit.ru/studies/courses?page=1> Национальный открытый университет

**Moodle:**

- <http://www.moodle.org>
- <http://course.sgu.ru>

Обучающимся и научно-педагогическим работникам обеспечен доступ к **наукOMETрическим базам данных (Web of Science, SCOPUS) и к полнотекстовым ресурсам** (журналы «Вестник Московского университета» (все серии), Oxford University Press, издательств Springer, Kluwer и т.д.)

**7. Материально-техническое обеспечение**



Учебная аудитория, оборудованная для сдачи устного экзамена. Специального оборудования не предусмотрено.

### **8. Особенности организации кандидатского экзамена для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; для подготовки к экзамену при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

вопросы, а также инструкция о порядке подготовки к экзамену оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

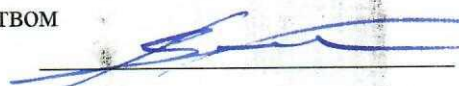
- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все сдача кандидатского экзамена по желанию аспирантов может проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 22.06.01 Технологии материалов, направленность «Материаловедение».

Авторы программы

зав. кафедрой материаловедения,  
технологии и управления качеством  
д.ф.-м.н., профессор

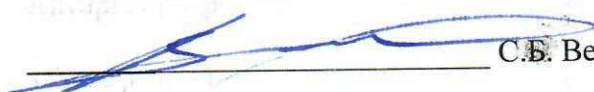
  
С.Б. Вениг

профессор кафедры материаловедения,  
технологии и управления качеством  
д.т.н., профессор

  
В.В. Кисин

Программа одобрена на заседании ученого совета  
факультета nano- и биомедицинских  
технологий 9.06 2016 года, протокол № 11.

Декан факультета nano- и биомедицинских  
технологий, профессор

  
С.Б. Вениг





Фонд оценочных средств текущего контроля  
и промежуточной аттестации

КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ

Контролируемые компетенции (шифр компетенции)	Планируемые результаты обучения (знает, умеет, владеет, имеет навык)
<p>способность и готовность экономически оценивать производственные и непроизводственные затраты на создание новых материалов и изделий, проводить работу по снижению их стоимости и повышению качества (ОПК-3)</p>	<p><b>Знать:</b> основы планирования и управления предприятием, программ инновационной деятельности в условиях современного производства</p> <p><b>Уметь:</b> теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов, осуществлять технико-экономический анализ программ освоения новых материалов и продукции, выделять из перечня затрат производственные и непроизводственные расходы, оценивать их влияние в обеспечение качества продукции</p> <p><b>Владеть:</b> системами конструкторской и технологической подготовки производства</p>
<p>способность и готовность выполнять нормативные требования, обеспечивающие безопасность производственной и эксплуатационной деятельности (ОПК-4)</p>	<p><b>Знать:</b> существующих законов и нормативных актов по обеспечению безопасности производственной и эксплуатационной деятельности и меру ответственности за ее нарушение</p> <p><b>Уметь:</b> обеспечивать безопасность производственной и эксплуатационной деятельности</p> <p><b>Владеть:</b> навыками составления нормативных актов по обеспечению безопасности производственной и эксплуатационной деятельности</p>
<p>способность и готовность выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя с применением компьютерных технологий (ОПК-6)</p>	<p><b>Знать:</b> методы математического и физического моделирования технологических процессов с использованием стандартных и специализированных пакетов и средств автоматизированного проектирования</p> <p><b>Уметь:</b> выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя с применением компьютерных технологий</p> <p><b>Владеть:</b> методиками планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных</p>
<p>способность и готовность вести</p>	<p><b>Знать:</b> существующие законы и нормативные акты по правовой охране объектов ИС, особенности правового</p>



патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей (ОПК-7)	режима различных видов интеллектуальной собственности, ответственность за нарушение патентных прав
	<b>Уметь:</b> оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей
	<b>Владеть:</b> методами по снижению стоимости работ и повышению качества
способность и готовность обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады (ОПК-8)	<b>Знать:</b> требования государственных стандартов оформления научно-технических отчетов, технических условий и других нормативных документов
	<b>Уметь:</b> формулировать основные результаты исследований и разработок и правильного понимания возможности их внедрения
	<b>Владеть:</b> навыками математической обработки результатов научно-исследовательской работы, в том числе при использовании методик планирования эксперимента, подготовки к публикации научных статей и докладов на конференциях
способность и готовность разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ (ОПК-9)	<b>Знать:</b> методы математического и физического моделирования технологических процессов с использованием стандартных и специализированных пакетов и средств автоматизированного проектирования
	<b>Уметь:</b> разрабатывать технические задания и программы экспериментальных работ
	<b>Владеть:</b> навыками проведения расчетно-теоретических работ по методикам обработки экспериментальных данных

### Показатели оценивания

Шкала оценивания			
2 (неудовлетворительно)	3 (удовлетворительно)	4 (хорошо)	5 (отлично)
Фрагментарное знание и применение навыков поиска и критического	В целом успешное, но не систематическое знание и применение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание и применение	Успешное и систематическое знание и применение навыков поиска и



<p>анализа информации по тематике материаловедения и технологии материалов; проведения экспериментальных исследований, а также обработки, анализа полученной информации; математического и компьютерного моделирования технологических процессов и материалов.</p>	<p><b>навыков</b> поиска и критического анализа информации по тематике материаловедения и технологии материалов; проведения экспериментальных исследований, а также обработки, анализа полученной информации; математического и компьютерного моделирования в области материаловедения и технологии материалов.</p>	<p><b>навыков</b> поиска и критического анализа информации по тематике материаловедения и технологии материалов; проведения экспериментальных исследований, а также обработки, анализа полученной информации; математического и компьютерного моделирования в области материаловедения и технологии материалов.</p>	<p>критического анализа информации по тематике материаловедения и технологии материалов; проведения экспериментальных исследований, а также обработки, анализа полученной информации; математического и компьютерного моделирования в области материаловедения и технологии материалов.</p>
<p>Фрагментарное использование <b>умений:</b> анализа поставленной задачи для нахождения оптимального пути ее решения; проводить экспериментальные и модельные исследования в области материаловедения и технологий материалов; проводить обработку и анализировать полученные результаты.</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое использование <b>умений:</b> анализа поставленной задачи для нахождения оптимального пути ее решения; проводить экспериментальные и модельные исследования в области материаловедения и технологии материалов; проводить обработку и анализировать полученные результаты.</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование <b>умений:</b> анализа поставленной задачи для нахождения оптимального пути ее решения; проводить экспериментальные и модельные исследования в области материаловедения и технологии материалов; проводить обработку и анализировать полученные результаты.</p>	<p>Успешное и систематическое использование <b>умений:</b> анализа поставленной задачи для нахождения оптимального пути ее решения; проводить экспериментальные и модельные исследования в области материаловедения и технологии материалов; проводить обработку и анализировать полученные результаты.</p>
<p>Фрагментарное <b>владение:</b> принципами и методами материаловедения и</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое <b>владение:</b> принципами и</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы <b>владение:</b> принципами и</p>	<p>Успешное и систематическое применение <b>владение:</b> принципами и</p>



технологий материалов.	методами материаловедения и технологии материалов.	методами материаловедения и технологии материалов.	методами материаловедения и технологии материалов.
------------------------	--	--	--

#### вопросы к экзамену

1. Перспективы, потенциальные опасности и этические аспекты развития новых материалов.
2. Чистота материалов и помещений.
3. Классификация материалов по чистоте.
4. Маркировка материалов.
5. Основные и вспомогательные материалы в микро и нанотехнологиях.
6. Массо- и теплопередача в гетерогенных системах.
7. Явления на границах раздела фаз и фазовые переходы.
8. Химические превращения в гетерогенных системах.
9. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование.
10. Механическое измельчение и разделение материалов по фракциям.
11. Сорбционные процессы.
12. Ионный обмен.
13. Хроматография.
14. Жидкостная экстракция.
15. Ректификация.
16. Электрохимические методы очистки материалов.
17. Направленная кристаллизация.
18. Распределение примесей и дефекты при зонной плавке, направленной кристаллизации и вытягивании из расплава.
19. Радиационное легирование материалов.
20. Механизм размягчения и плавления стекол.
21. Силикатное стекло.
22. Получение пленок стекла.
23. Керамики и ситаллы.
24. Механизм спекания.
25. Механизм возникновения трещин и разрушения кристаллов.
26. Нарушенный слой после механической обработки.
27. Перспективы, потенциальные опасности и этические аспекты развития новых материалов.
28. История появления, движущие силы и тенденции развития наноматериалов.
29. Размерные эффекты и условия их проявления.
30. Кластеры. Наночастицы. Нанопорошки. Наноструктуры. Тонкие пленки.
31. Компактированные и наноструктурные материалы и композиты.
32. Наноструктурированные материалы и покрытия.
33. Измельчение твердых тел.
34. Получение твердых гранул.
35. Плазмохимический синтез наночастиц.
36. Осаждение наночастиц из коллоидных растворов.
37. Механосинтез.
38. Синтез высокодисперсных оксидов в жидких металлах.
39. Биохимические методы получения наночастиц.
40. Криохимический метод получения наночастиц.
41. Получение наночастиц из газовой фазы.



42. Получение наночастиц из жидкой фазы.
43. Получение наночастиц из твердой фазы.
44. Упорядоченные массивы нанообъектов.
45. Контакты к нанообъектам и отдельным молекулам.
46. Методы компактирования наночастиц.
47. Золь-гель-технологии.
48. Кристаллизация аморфных сплавов.
49. Наноккомпозиты, гибридные наноматериалы.
50. Углеродные наноматериалы.
51. Атомная инженерия.
52. Технологические процессы самоформирования.
53. Самоорганизация в объемных материалах.
54. Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы.
55. Упорядоченные наноструктуры.
56. Гетерогенные процессы формирования наноматериалов и наноструктур: молекулярно-лучевая эпитаксия, эпитаксия металлоорганических соединений из газовой фазы.
57. Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов: коллоидные растворы, золь-гель технология, методы молекулярного наслаивания, электрохимические методы.
58. Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов: сверхбыстрое охлаждение, формирование сверхтонких пленок металлов и диэлектриков.
59. Наноккомпозиты и гибридные наноматериалы.
60. Материалы, получаемые в саморегулирующихся процессах: самоформирования, самосборки, самоорганизации наноструктур.
61. Материалы, получаемые темплатным синтезом.
62. Тонкие пленки.
63. Пленки Ленгмюр-Блоджет.
64. Биоматериалы для инжиниринга тканей.
65. Биоинертные и биорассасывающиеся материалы.
66. Гидрогели для инжиниринга тканей.
67. Биоактивные каркасы для инжиниринга тканей.
68. Проблемы коммерциализации биоматериалов.
69. Наноматериалы для получения и хранения водорода.
70. Полимерные электролитические мембраны, катализаторы, суперконденсаторы.
71. Углеродные наночастицы, нанотрубки, наноструктуры и наноматериалы.
72. Химическая обработка пластин.
73. Полирующие и анизотропные травители.
74. Локальное и локально-анизотропное травление.
75. Селективность травления. Травление оксида и нитрида кремния.
76. Ограничения жидкостного травления.
77. Химико-механическое полирование.
78. Жидкостное, термохимическое газовое и плазмохимическое травление.
79. Методы получения эпитаксиальных пленок.
80. Гетероэпитаксия кремния.
81. Молекулярно лучевая эпитаксия.
82. Особенности эпитаксии из газовой, жидкой и твердой фаз.
83. Распределение примесей при диффузии.
84. Источники примесей.
85. Легирование диффузией.



86. Радиационно-стимулированная диффузия.
87. Электродиффузия.
88. Высокотемпературное окисление кремния.
89. Адсорбция.
90. Фазовые превращения при окислении.
91. Кинетика окисления.
92. Особенности высокотемпературного окисления кремния сухим и влажным кислородом.
93. Анодное окисление.
94. Классификация и особенности методов обработки материалов в плазме и пучках энергетических частиц.
95. Воздействие пучков электронов, атомов и ионов на поверхность и объем мишени. Вторичные эффекты в мишени.
96. Потенциалы в технологической плазме.
97. Источники ионов.
98. Источники электронов.
99. Процессы, сопровождающие травление в плазме.
100. Механизм травления кремния, оксида и нитрида кремния в плазме.
101. Распыление твердых тел ионами.
102. Пробег ионов в кристаллических и аморфных материалах.
103. Маскирование при ионном легировании.
104. Распределение внедренных ионов.
105. Дефектообразование при имплантации.
106. Влияние радиационных дефектов на структуру поверхности.
107. Методы отжига дефектов после ионного легирования.
108. Оборудование и методы нанесения пленок в вакууме, молекулярных пучках, химическим осаждением из газовой фазы, жидкофазной эпитаксией, атомно-молекулярной сборкой.
109. Метод магнетронного распыления.
110. Молекулярно лучевая эпитаксия.
111. Материалы для металлизации.
112. Технология многоуровневой разводки.
113. Анодное растворение.
114. Анодное окисление.
115. Катодное осаждение.
116. Темплатное осаждение наноразмерных объектов.
117. Виды литографии.
118. Основные этапы процесса фотолитографии.
119. Технология изготовления фотошаблонов.
120. Дефекты фотошаблонов.
121. Основные системы экспонирования.
122. Фоторезисты, методы их нанесения и обработки.
123. Ограничения разрешающей способности при фотолитографии.
124. Фотолитография в глубокой ультрафиолетовой области.
125. Электронолитография.
126. Ионная литография.
127. Рентгенолитография.
128. Источники излучения в фотолитографии, рентгеновской литографии и электронно-лучевой литографии.
129. Силовая и токовая зондовые литографии.
130. Контактное формирование нанорельефа.
131. Профилирование резистов сканирующими зондами.



132. Локальная глубинная модификация поверхности.
133. Термомеханическая нанолитография.
134. Нанопечать.
135. Перьевая нанолитография.
136. Литография наносферами.
137. Литографически индуцированная самосборка наноструктур.
138. Методы нанолитографии. Пучковые методы нанолитографии. Радиационные методы формирования наноструктур
139. Зондовые технологии модификации поверхности.

132. Локальная  
133. Термомеханическая  
134. Нанопечать  
135. Перьевая  
136. Литография  
137. Литографически  
138. Методы  
139. Зондовые



### Критерии оценки:

«отлично»	Правильный и полный ответ на основной и дополнительный вопросы экзамена. Обоснованные ответы на вопросы для промежуточной аттестации.
«хорошо»	Правильные, но не полные ответы на основной и дополнительные вопросы экзамена.
«удовлетворительно»	Правильный ответ на один из вопросов экзамена.
«неудовлетворительно»	Ни на один из вопросов экзамена не дано правильного ответа.