

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по ОД

Е.В. Луков



« 29 » 08 2025 г.

ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по научной специальности

2.6.17. Материаловедение

(технические науки, химические науки, физико-математические науки)

Программа кандидатского экзамена по научной специальности 2.6.17. Материаловедение рассмотрена и рекомендована к утверждению ученым советом Химического факультета протокол № 10 от 01.07.25

Авторы-разработчики:

1. Бакибасв А.А. – доктор хим. наук, профессор, профессор кафедры органической химии Химического факультета _____;
2. Борило Л.П. – доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой неорганической химии Химического факультета _____;
3. Жуков И.А. – доктор техн. наук, доцент кафедры прикладной аэромеханики Физико-технического факультета _____;
4. Ищенко А.Н. – доктор физ.-мат. наук, директор научно-исследовательского Института прикладной математики и механики _____;
5. Князев А.С. – доктор хим. наук, доцент, и.о. декана Химического факультета _____;
6. Курзина И.А. – доктор физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой природных соединений, фармацевтической и медицинской химии Химического факультета _____;
7. Кузнецова С.А. – доктор хим. наук, доцент, профессор кафедры неорганической химии Химического факультета _____;
8. Марченко Е.С. – доктор физ.-мат. наук, доцент, заведующий кафедрой кафедры каф. прочности и проектирования Физико-технического факультета _____;
9. Сачков В.И. – доктор хим. наук, доцент, профессор кафедры неорганической химии Химического факультета _____.

Согласовано:

И.о. декана Химического факультета,
д-р хим. наук



А.С. Князев

1. Общие положения

На основании постановления Правительства Российской Федерации от 23.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» кандидатские экзамены сдаются в соответствии с научной специальностью (научными специальностями) и отраслью науки, предусмотренными номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утверждаемой Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (далее – Минобрнауки России), по которым осуществляется подготовка (подготовлена) диссертации.

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание ученой степени кандидата наук представляет собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени к проведению научных исследований по научной специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки, химические науки) (далее – кандидатский экзамен).

Программа кандидатского экзамена разработана на основе Паспорта научной специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки, химические науки) (далее – Программа), утвержденного ВАК при Минобрнауки России <https://vak.minobrnauki.gov.ru/uploader/loader?type=17&name=92259542002&f=14969>

Организация и проведение приема кандидатского экзамена осуществляется в соответствии с установленным в НИ ТГУ порядком.

Подготовка по Программе может осуществляться как самостоятельно, так и в рамках освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки, химические науки).

2. Структура кандидатского экзамена и шкала оценивания уровня знаний

Кандидатский экзамен проводится в форме устного экзамена по билетам продолжительностью один академический час и состоит из следующих частей:

1. Основные вопросы: по одному вопросу из каждого раздела:

- 1) Классификация и строение материалов;
- 2) Технология получения материалов;
- 3) Физические методы исследований структурно-фазового состояния и функциональных свойств материалов.

2. Дополнительный вопрос из раздела 4 с учетом тематики диссертационной работы соискателя ученой степени и отрасли науки, по которой подготовлена диссертация на соискание ученой степени кандидата наук.

Оценка уровня знаний по каждому вопросу осуществляется по пятибалльной шкале со следующим принципом перерасчета:

«отлично» – 5 баллов;

«хорошо» – 4 балла;

«удовлетворительно» – 3 балла;

«неудовлетворительно» – 1-2 балла.

При оценивании ответов на каждый из вопросов экзаменационного билета учитываются следующие критерии:

Ответ на вопрос исчерпывающий, продемонстрировано понимание и знание сути вопроса в полном объеме. Замечаний нет.	5 баллов
Ответ на вопрос неполный, но раскрывающий основную суть вопроса, продемонстрировано понимание и знание вопроса в достаточном объеме. Замечания незначительные.	4 балла
Ответ неполный с существенными замечаниями, знания по вопросу фрагментарные и частичные, в том числе и по тематике диссертационного исследования.	3 балла
Ответ на вопрос отсутствует или дан неправильный	1-2 балла

Итоговая оценка за кандидатский экзамен выставляется решением экзаменационной комиссии:

«отлично» – при наличии не менее 80% 5-балльных ответов и отсутствии 3-2-1-балльных ответов;

«хорошо» – при наличии не менее 80% 4-балльных ответов и отсутствии 2-1-балльных ответов;

«удовлетворительно» – при наличии более 20% 3-балльных ответов и отсутствии 2-1-балльных ответов;

«неудовлетворительно» – при наличии 1-2 балльного ответа (или отказа отвечать на вопрос).

3. Перечень тем и вопросов для подготовки к сдаче экзамена

Раздел 1. Фундаментальные основы строения и химической связи в твердых телах и материалов на их основе

1. Основные понятия. Классификация твердых веществ. Строение твердых веществ. Кристаллохимические основы ХТВ. Кристаллическое состояние вещества. Идеальный кристалл. Реальные кристаллы. Реальные кристаллы. Аморфное состояние, металлические стекла. Нанокристаллы. Ионные, металлические, ковалентные, молекулярные кристаллы. Отличие понятий твердого тела, твердого агрегатного состояния вещества, твердого вещества, материала. Некристаллические твердые вещества: аморфные, стеклообразные, полимеры, ситаллы, керамика. Дисперсные, тонкоплочные и макроскопические твердые тела.

2. Аморфные металлические сплавы. Критерии склонности к аморфизации. Объемные аморфные сплавы. Принципы подбора составов для объемной

аморфизации. Устойчивость аморфного состояния. Получение аморфных, нанокристаллических сплавов и сплавов на основе интерметаллидов путем механического синтеза и последующей обработки порошков.

3. Химическая связь в твердых телах. Основные типы химической связи в твердых телах. Потенциалы межатомного взаимодействия. Энергия связи металлических, ковалентных, ионных кристаллов. Расчет энергии кристаллической решетки. Цикл Борна Габбера. Константа Маделунга. уравнения Борна - Ланде и Борна - Майера. Уравнение Капустинского. Равновесное межатомное расстояние. Химический подход к описанию природы твердого вещества. Метод валентных схем. Эмпирическое правило определения координации кислородом катиона. Энергия предпочтения координации катиона. Способы определения энергии предпочтения (калориметрический, по диаграммам состояния на примере оксидов). Система согласованных значений энергий предпочтения.

4. Электронное строение твердых тел с различным типом связи. Модель свободных электронов для металлов. Вырожденный электронный газ. Плотность состояний. Поверхность Ферми. Зонная теория твердых тел, энергетический спектр электронов в кристалле, деление тел на проводники, полупроводники и диэлектрики.

Раздел 2. Кристаллическое состояние вещества, дефекты и их влияние на свойства твердотельных материалов

1. Кристаллические тела. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка кристаллической решетки. Кристаллические сингонии. Решетки Бравэ. Точечные и пространственные группы симметрии. Координационное число, плотность упаковки. Кристаллографические индексы плоскостей и направлений в решетке. Анизотропия свойств кристаллов.

2. Дефекты в твердом теле. Точечные дефекты. Расчет равновесной концентрации дефектов (термодинамический и квазихимический подход). Квазихимические реакции. Влияние дефектов на свойства твердых веществ. Химические соединения, твердые растворы, нестехиометрические соединения (соединения переменного состава), механические смеси.

3. Символика дефектов, причины возникновения, типы дефектов. Дислокации. Вектор Бюргерса. Плотность дислокаций. Краевая, винтовая и смешанная дислокации. Скольжение и переползание дислокаций. Поле напряжений и энергия дислокаций. Взаимодействие дислокаций. Образование и размножение дислокаций. Взаимодействие дислокаций и примесных атомов.

4. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Упорядоченные твердые растворы. Электронные соединения (фазы Юм-Розери), фазы внедрения, фазы Лавеса, σ -фазы. Распад пересыщенного твердого раствора. Кластеры, зоны

Гинье-Престона. Когерентные, частично когерентные и некогерентные выделения. Роль вакансий, дислокаций и границ зерен в процессах выделения.

5. Поверхность твердого тела, как двумерный дефект с избыточной энергией. Поверхность твердого тела. Льюисовские кислотные центры. Бренстедовские кислотные центры. Влияние валентности катионов на силу льюисовских и бренстедовских центров. Акцепторная способность катионов в различных степенях окисления. Поверхностные явления и процессы. Структура кристаллов в поверхностном слое. Термин «поверхностный центр» и их типы: электронодонорные ионы кислорода, электроноакцепторные катионы металлов, гидроксильно-гидратный покров. Образование на поверхности оксидов групп «металл-кислород», за счет адсорбции кислорода воздуха на катионах металла. Прочность связи поверхностных ионов. Влияние состояния поверхности на свойства веществ.

Раздел 3. Фазовое равновесие, термодинамика и кинетика процессов в материалах

1. Термодинамические и кинетические закономерности процесса кристаллизации. Классификация наноматериалов. Особенности структуры и свойств наноматериалов. Методы получения наноматериалов.

2. Феноменологические законы диффузии. Самодиффузия и гетеродиффузия. Механизмы диффузии, роль точечных дефектов, диффузия по дислокациям и границам зерен. Температурная зависимость коэффициента диффузии. Диффузия в поле градиента концентраций. Концентрационная зависимость коэффициентов диффузии. Диффузия в силовых полях.

3. Равновесие фаз в многокомпонентных системах. Фазовые переходы I и II рода. Правило фаз. Диаграммы состояния двойных и тройных систем с непрерывным рядом твердых растворов, с эвтектическими, перитектическими и монотектическими равновесиями, с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися промежуточными фазами, с полиморфизмом компонентов.

4. Твердофазные реакции. Реакции твердых веществ, классификация и типы. Реакции, инициируемые тепловой энергией: термодинамическое описание, механизмы таких реакций. Фотохимические реакции, основные модели и механизмы. Реакции, инициируемые электрическим полем. Методы исследования твердофазных реакций.

5. Гомогенное зарождение кристаллов в расплаве. Критический размер зародыша. Скорость образования и скорость роста кристаллических зародышей. Непрерывный, ступенчатый и дислокационный механизмы роста. Кинетика кристаллизации. Диаграмма кристаллизации. Критическая скорость охлаждения расплава. Гетерогенное зарождение. Отклонения от равновесия при кристаллизации. Влияние скорости охлаждения и градиента температуры расплава

на микроструктуру. Концентрационное переохлаждение. Дендритная ликвация. Образование метастабильных фаз при кристаллизации. Бездиффузионная кристаллизация.

6. Эвтектическая кристаллизация. Строение эвтектических колоний. Нормальная, аномальная и вырожденная эвтектики. Перитектическая кристаллизация. Основы термической обработки. Классификация видов термической обработки: отжиги 1 и 2 рода, закалка, отпуск, старение, термомеханическая и химико-термическая обработки. Гомогенизационный отжиг, изменение структуры и свойств при гомогенизационном отжиге. Дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжиги. Факторы, влияющие на размер рекристаллизованного зерна. Отжиг для уменьшения остаточных напряжений. Механизм уменьшения остаточных напряжений при отжиге. Разновидности отжига 2 рода: полный, неполный, изотермический, сфероидизирующий от жиги, нормализация, патентирование.

Раздел 4. Физические свойства материалов и их связь со структурой

1. Теплоемкость. Квантовые теории решеточной теплоемкости Эйнштейна и Дебая. Температура Дебая. Спектр нормальных колебаний решетки. Фононы. Изменение теплоемкости при фазовых и структурных превращениях.

2. Теплопроводность материалов. Кинетическая теория теплопроводности. Время и длина свободного пробега. Решеточная (фононная) теплопроводность; фонон-фононное рассеяние, рассеяние фононов на дефектах кристаллической решетки и примесях, изотопическое рассеяние. Электронная теплопроводность; рассеяние электронов проводимости на фононах, примесях и дефектах.

3. Электропроводность. Электроны проводимости. Время релаксации. Рассеяние электронов на фононах, дефектах решетки, примесях. Влияние температуры и легирования на электрическое сопротивление металлов и полупроводников. Сопротивление твердых растворов. Связь электро- и теплопроводности металлов. Электрическая проводимость гетерогенных сплавов.

4. Магнитные свойства. Диамагнетизм и парамагнетизм атомов. Закон Кюри. Диамагнетизм и парамагнетизм электронного газа. Магнитное упорядочение. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Энергия магнитной анизотропии. Характеристики петли гистерезиса и кривой намагничивания ферромагнетика. Теория коэрцитивной силы.

5. Механические свойства. Упругое деформирование твердых тел. Закон Гука. Анизотропия механических свойств. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Физические механизмы пластического течения. Понятие о разрушении и прочности тел. Общие закономерности и основные типы разрушения. Концентраторы напряжений. Критерии разрушения: деформационный, энергетический, энтропийный.

Раздел 5. Методы и технологии получения материалов

1. Фундаментальные физико-химические принципы создания материалов. Роль фазового состава и фазовых равновесий в формировании материала. Физическая и химическая совместимость материалов. Физико-химические основы технологии материалов, системный анализ в химическом материаловедении.

2. Получение металлических, неметаллических и композиционных материалов биомедицинского назначения.

3. Теоретические и прикладные проблемы стандартизации новых материалов и технологических процессов их производства, обработки и переработки. Системы управления качеством, сертификация и аккредитация материалов и технологических процессов.

4. Компьютерное проектирование композиционных и функциональных материалов и покрытий. Компьютерный анализ и оптимизация процессов получения и эксплуатации металлических и неметаллических материалов и функциональных покрытий.

5. Научные основы комплексного использования сырья, местных сырьевых ресурсов и техногенных отходов для получения металлических, неметаллических и композиционных материалов для деталей, изделий, машин и конструкций.

7. Сплавы. Получение. Интерметаллические соединения как основа жаропрочных сплавов, получаемых направленной кристаллизацией. Закалка с полиморфным превращением (закалка на мартенсит). Изменение свойств при закалке на мартенсит. Критическая скорость охлаждения при закалке, прокаливаемость. Способы закалки: в одной охлаждающей среде, в двух средах, ступенчатая, изотермическая (бейнитная), с обработкой холодом, поверхностная.

6. Способы получения тонкопленочных материалов (физические, химические)

7. Порошковая металлургия, основные технологические этапы.

8. Методы обработки поверхности и получения покрытий. Электронно-лучевая и лазерная обработка. Ионная имплантация. Ионно-плазменное распыление. Термическое напыление. Осаждение из газовой фазы. Электролитическое осаждение.

Раздел 6. Физические методы исследований структурно-фазового состояния и функциональных свойств материалов

1. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры металлических, неметаллических материалов и композитов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности деталей, изделий, машин и

конструкций (химической, нефтехимической, энергетической, машиностроительной, легкой, текстильной, строительной).

2. Дифракционные методы исследования атомной структуры материалов. Особенности распространения волн в периодических структурах. Закон Вульфа-Брэгга. Обратная решетка. Рентгеновская дифрактометрия. Качественный и количественный рентгеновский фазовый анализ. Электронография и нейтронография. Рентгенографический анализ текстур, остаточных напряжений, дефектов кристаллической решетки, типа твердого раствора, химического дальнего порядка. Рентгеновский фазовый анализ с использованием пакетов компьютерных программ. Определение периодов кристаллической решетки. Определение кристаллической структуры по дифракционным спектрам поликристаллов с использованием программных пакетов. Определение размеров и формы малых частиц по малоугловому рассеянию рентгеновских лучей.

3. Просвечивающая и растровая электронная микроскопия, анализ фазового состава, микроструктуры и дефектов кристаллического строения. Специальные методы создания контраста в просвечивающей электронной микроскопии. Анализ включений с помощью ПЭМ (виды контраста). Виды контраста в растровой электронной микроскопии.

4. Методы локального анализа химического состава. Микрорентгеноспектральный анализ. Оже-электронная спектроскопия. Рентгеноэлектронная спектроскопия (электронная спектроскопия для химического анализа). Масс-спектроскопия вторичных ионов.

5. Изучение микроструктуры с помощью световой микроскопии. Методы количественной металлографии.

6. Методы измерения физических свойств. Термический анализ. Абсолютный и дифференциальный методы измерения.

7. Калориметрия; методы смешения, ввода и протока тепла; сканирующая, модуляционная и импульсная калориметрия.

8. Дилатометрия; оптический, емкостный, индуктивный датчики перемещения.

9. Методы измерения теплопроводности.

10. Измерение магнитных свойств диа-, пара- и ферромагнетиков. Определение параметров кривой намагничивания и петли гистерезиса в статическом и динамическом режимах измерения. Термомагнитный анализ.

11. Методы механических испытаний. Испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение.

12. Испытания на ползучесть, длительную прочность, релаксацию напряжений. Усталостные испытания.

13. Методы численного моделирования материалов при нагрузках, изменениях температуры, в процессе разрушения и взаимодействия.

14. Методы изучения химии поверхности твердых тел. Изучение состояния поверхности методом ИК-спектроскопии. Полосы поглощения оксидов, обусловленные собственными колебаниями решеток. Частоты в области выше частот собственного поглощения кристалла. Корреляция между частотой поглощения связи металл-кислород и координационным числом катиона. Классический метод обнаружения на поверхности бренстедовских и льюисовских центров. Преимущество аммиака как молекулы-зонда определения кислотно-основных свойств поверхности. Изучение кислотно-основных свойств поверхности методом рН-метрии. Кислотно-основные параметры поверхности оксидов. Методология количественного измерения кислотных характеристик поверхности Е.А. Паукштиса. Шкала РА (Proton Affinity). Закономерности в изменении кислотно-основных свойств поверхности по периодической системе.

15. Методы механических испытаний. Испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение.

16. Испытания на ползучесть, длительную прочность, релаксацию напряжений. Усталостные испытания.

17. Методы численного моделирования материалов при нагрузках, изменениях температуры, в процессе разрушения и взаимодействия.

Раздел 7. Вопросы для подготовки к сдаче кандидатского экзамена с учетом тематики диссертационной работы

Магнитные материалы

1. Теория кривой намагничивания. Особенности процессов намагничивания и размагничивания.

2. Теория магнитной кристаллической анизотропии. Константы магнитной анизотропии и их температурная зависимость.

3. Доменная структура ферромагнетиков. Типы доменной структуры.

4. Однодоменное состояние. Анизотропия формы однодоменных частиц. Процессы перемагничивания однодоменных частиц.

5. Магнитные свойства кристаллических магнитно-мягких сплавов. Структура и кристаллографическая текстура магнитно-мягких сплавов и их влияние на магнитные свойства.

6. Аморфные магнитно-мягкие сплавы. Основные виды магнитной анизотропии в них. Влияние структуры сплавов на их магнитную анизотропию. Факторы, определяющие магнитные свойства аморфных магнитно-мягких сплавов.

7. Основные характеристики магнитно-твердых сплавов. Природа магнитного гистерезиса и магнитной анизотропии в этих сплавах.

8. Высококоэрцитивные сплавы с анизотропией полей рассеяния. Факторы, влияющие на величину анизотропии.

9. Сплавы с высокой магнитной кристаллографической анизотропией. Особенности перемагничивания высокоанизотропных ферромагнетиков. Микроструктура и магнитная структура магнитно-твердых сплавов с высокой анизотропией.

Наноматериалы

10. Классификация и терминология в области наноматериалов. Особенности структуры и свойств наноматериалов. Поверхностные свойства твердых тел при переходе к наноструктурному состоянию. Различия термодинамических свойств вещества на поверхности и в объеме. Поверхностная энергия. Анизотропия поверхностной энергии.

11. Химический потенциал как функция кривизны поверхности. Процессы на поверхности и в приповерхностных слоях. Механизмы, приводящие к уменьшению поверхностной энергии: электростатическая стабилизация; стерическая (или пространственная) стабилизация; смешанные стерические и электрические взаимодействия.

12. Нульмерные структуры: наночастицы, квантовые точки. Образование нульмерных наноструктурных материалов. Гомогенное зародышеобразование. Механизмы роста зародышей. Стадии роста кристаллов.

13. Гетерогенное зародышеобразование наночастиц. Различия при гомогенном и гетерогенном зародышеобразовании. Кинетические ограничения при синтезе наночастиц.

14. Одномерные наноструктуры. Физико-химические основы процессов формирования одномерных наноматериалов (нанотрубок, нановолокон, наностержней и т.д.). Самопроизвольный рост одномерных структур. Методы испарения (растворения) и конденсации, выращивание из пара, жидкости или твердой фазы. Синтез на подложке.

15. Двумерные наноструктуры – тонкие пленки. Механизмы роста пленок.

16. Закономерности образования монокристаллических, аморфных и поликристаллических пленок.

17. Связь между аморфным, кристаллическим, квазикристаллическим и нанокристаллическим состояниями вещества.

18. Механизмы зародышеобразования и роста наноразмерных частиц.

19. Основные размерные характеристики наночастиц, гранулометрический состав порошка, морфология нанопорошков, удельная поверхность.

20. Классификация методов формирования наноматериалов. Требования к методам получения наноразмерных систем.

21. Физические методы получения наноматериалов. Методы получения наноразмерных систем.

22. Методы получения наноматериалов испарением с последующей конденсацией. Методы распыления. Вакуум-сублимационная технология. Закалка из жидкого состояния.

23. Способы получения наноматериалов, основанные на твердофазных превращениях (кристаллизация из аморфного состояния, облучение, механоактивация).

24. Химические методы получения наноматериалов. Получение нанодисперсных порошков с использованием химических реакций (методы осаждения, восстановления, пиролиза, пропитки, гетерофазное взаимодействие, золь-гель метод).

25. Электрохимические методы получения металлических нанопорошков.

26. Комбинирование химических и физических методов в ходе получения нанопорошков, механохимические реакции. Биологические подходы к получению наноматериалов.

27. Получение нанотрубок в ходе химических реакций.

28. Методы получения тонких пленок.

29. Физическое осаждение из пара (PVD) (методы испарения-осаждения: электронно-лучевое испарение, ионно-плазменный метод, лазерная абляция молекулярно-лучевая эпитаксия).

30. Химическое осаждение из пара (CVD).

31. Типичные химические реакции при напылении нанопленок (пиролиз; водородное восстановление; окисление; диспропорционирование, окисление и др.).

32. Электрохимическое осаждение. Золь-гель пленки. Формирование органо-неорганических пленок.

33. Объемные наноматериалы. Методы получения объемных наноматериалов. Методы интенсивной пластической деформации (равноканальное угловое прессование; кручение под высоким давлением, метод всестороннейковки и др.).

34. Получение нанопорошков и объемных наноматериалов механическим воздействием. Термомеханические методы. Механохимический метод.

35. Методы консолидации нанопорошков (прессование, спекание; прокатка). Модифицирование материалов добавками наночастиц.

36. Особенности структуры наноматериалов (искажения и изменения периодов кристаллической решетки). Особенности фазовых превращений в наноматериалах.

37. Особенности свойств наноматериалов (электрические, оптические, магнитные).

38. Особенности механических свойств наноматериалов. Влияние морфологии и размеров частиц на прочность и пластичность. Микротвердость

наноматериалов. Упругие свойства и модули упругости. Демпфирующие свойства. Износостойкость.

39. Тепловые характеристики наноматериалов. Особенности фононного спектра наноматериалов. Размерная зависимость температуры Дебая. Теплоемкость наноматериалов. Тепловое расширение и теплопроводность.

40. Диффузионные свойства наноматериалов. Особенности механизмов диффузии в наноматериалах. Диффузия в наноматериалах, полученных компактированием порошков. Диффузия в объемных наноструктурных средах.

41. Химические свойства наноматериалов. Проявление размерного эффекта в химических процессах. Особенности окислительных процессов в наноматериалах. Каталитические свойства наноматериалов.

42. Размерные эффекты в наноматериалах.

43. Кристаллизация аморфных сплавов. Аморфные металлические сплавы. Критерии склонности к аморфизации. Устойчивость аморфного состояния. Свойства аморфных материалов. Методы получения аморфных материалов. Объемные аморфные сплавы. Принципы подбора составов для объемной аморфизации.

Высокотемпературные материалы и покрытия

44. Физико-химические и термомеханические проблемы совместимости компонентов композиционного материала. Оптимальная объемная доля дисперсной фазы в композиционном материале. Основные характеристики функциональных поверхностей.

45. Принципы создания наноструктурных покрытий. Механизмы повышения твердости наноструктурных покрытий. Твердые и износостойкие покрытия. Влияние наноструктурирования на свойства покрытий.

46. Классификация методов формирования напыленных покрытий на поверхности изделий. Основы технологии плазменных, газопламенных и газофазных покрытий. Покрытия на изделиях инструментального и конструкционного назначения.

47. Подготовка порошкообразных и проволочных материалов к напылению. Подготовка изделий к нанесению на их поверхность покрытий.

48. Основы плазмотехники. Газы и их смеси, используемые при плазменном и газоплазменном напылении.

49. Адгезия. Влияние физических свойств контактирующих материалов и технологических условий на величину адгезии и пути ее увеличения.

50. Общая характеристика свойств порошковых изделий. Зависимость их физических и механических свойств от пористости и особенностей структуры. Технологические испытания. Методы обработки порошковых материалов.

51. Общая характеристика свойств материалов с напыленными покрытиями. Зависимость их физических и механических свойств от пористости и

структуры основы, покрытия и переходной зоны между ними. Сплошность и газонасыщенность и пути управления этими свойствами. Методы обработки покрытий.

Медицинские материалы и покрытия

1. Биосовместимость материалов с тканями организма. Условия биомеханической и биохимической совместимости. Требования, предъявляемые к материалам для медико-биологического применения.

2. Типы биоматериалов. Классификация, основные характеристики, определения. Принципы отбора имплантационных материалов. Общие методы изучения физико-химических и биомеханических свойств биоматериалов. Современные имплантационные материалы.

3. Полимеры. Строение, основные особенности. Фазовые состояния и структуры полимеров. Физико-механические свойства. Области применения в медицине.

4. Кальциофосфатные биоматериалы. Биокерамика из гидроксиапатита, физические свойства. Кальциофосфатные покрытия на имплантатах. Биодegradация кальциофосфатных материалов. Остеоинтеграция биоматериалов. Области применения в медицине. Биоинертные материалы. Керамические материалы, разновидности. Фарфоры и металлокерамика. Общая характеристика, структура и свойства, биосовместимость. Области применения в медицине.

5. Биоактивные материалы. Биоситаллы. Биоактивные покрытия на металлах, сплавах, биоинертных керамиках. Структура и свойства, области применения. Композиционные материалы. Структура и свойства, области применения в медицине.

6. Углеродные материалы. Структура и свойства, области применения. Металлические материалы. Металлы и сплавы. Стали. Титан и титановые сплавы, тантал, золото, серебро, никелид титана. Пористые проницаемые материалы на основе металлов и сплавов. Физико-механические и коррозионные свойства, области применения в медицине.

7. Физико-механические свойства биоматериалов. Упругость и пластичность, деформационные и прочностные характеристики имплантационных материалов, закон Гука. Физико-механические закономерности формоизменения металлических и биологических систем. Отбор имплантационных материалов, основные принципы.

8. Износ материалов при эксплуатации. Механические и коррозионные воздействия на материалы в биологических средах. Электрохимическая коррозия металлов. Защита от коррозии. Коррозионная стойкость металлических систем в условиях деформации. Разрушение имплантационных материалов.

9. Реакция организма на материалы Местная реакция тканей на имплантируемые материалы. Заживление ран. Клеточные реакции на инородные

тела. Общее влияние имплантируемых материалов на организм. Тканевые реакции организма на имплантацию конструкций из пористого никелида титана. Влияние материалов на кровь.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Бутягин П.Ю. Химическая физика твердого тела. – М.: МГУ, 2006 – 272 с.
2. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. – М.6 Химия, 1978. – 360 с.
3. Хенней Н. Химия твердого тела. – М.: Мир, 1971.– 223 с.
4. Бокштейн Б.С., Ярославцев А.Б. Диффузия атомов и ионов в твердом теле. М.: Изд-во МИСИС, 2005. – 362 с.
5. Чеботин В.Н. Физическая химия твердого тела. – М.: Химия, 1982. – 320 с.
6. Островский И.В., Лысенко В.Н. Физика твердого тела. – 1984. – 531 с.
7. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. – М.: Химия, 1989. – 432 с.
8. Ляхов Н.З. Химия твердого тела. Новосибирск. – Изд-во НГУ, 1991, 148 с.
9. Лахтин, Ю.М. Материаловедение Текст учеб. для вузов Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский дом Альянс, 2009. – 527 с.
10. Никулин С.А., Турилина В.Ю. Материаловедение и термическая обработка металлов. Специальные стали. – М.: МИСиС «Учеба», 2007.
11. Нарва В.К. Технология получения порошковых материалов и изделий. Курс лекций. – М.: МИСиС, 2012.
12. Новиков И.И., Золоторевский В.С., В.К. Портной и др. Металловедение. Учебник. В 2-х томах. – М.: МИСиС, 2014.
13. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учеб, для студентов вузов / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков и др.; ред.: В.Б. Арзамасов, А.А. Черепяхин. – 3-е изд., стер. – Москва: Академия, 2011. – 447 с.
14. Ярославцев А.Б. Химия твердого тела. – М.: Нучный мир, 2022. – 328 с.
15. Уэллс А. Структурная неорганическая химия. – Т 1. – М.: Мир, 1987. – 408 с. ; Т 2. – М.: Мир, 1987. – 696 с.
16. Тарасов А.В. Общая металлургия / А.В. Тарасов, Н.И. Уткин. – М.: Металлургия, 1997. – 592 с.
17. Педос С.И., Шугаев В.А. Теория формирования покрытий. Методы получения покрытий. Учебное пособие. – М.: МИСиС «Учёба», 2007.
18. Кузнецов Г.Д., Кушхов А.Р. Ионно-плазменная обработка материалов: Курс лекций. – М.: МИСиС, 2008.
19. Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.

20. Кекало И.Б. Самарин Б.А. Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами. – М.: Металлургия, 1989. – 496 с.
21. Процессы получения и обработки материалов: Получение тугоплавких металлов из соединений / В.С. Челноков, И.В. Блинков, В.Н. Аникин и др. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2017.
22. Островский В.С. Основы материаловедения искусственных графитов. – М.: Metallurgizdat, 2011.
23. Высокотемпературные материалы / В.П. Елютин, В.И. Костиков, Б.С. Лысов и др. – М.: Металлургия, 1973.
24. Витязь П.А. Наноматериаловедение: учебное пособие / П.А. Витязь, Н.А. Свидунов, Д.В. Куис. – Минск: Высшая школа, 2015. – 512 с.
25. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение / Цао Гочжун, Ин Ван, Пер. с англ. А.И. Ефимова, С.И. Каргов. – 2-е изд., англ. – ил. – М.: Научный мир, 2012. – 520 с.
26. Борман В.Д. Физика, технологии и применение наносистем и наноматериалов. – М.: МИФИ, 2012. – 652 с.
27. Суздаев И.П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: Либроком, 2013 г. – 592 с.
28. Свойства и применение наноматериалов Учебное пособие / Воронов В.К., Ким Д., Янюшкин А.С. – М.: ТНТ, 2012 г. – 220 с.
29. Наноструктурные покрытия и наноматериалы: Основы получения. Свойства. Области применения: Особенности современного наноструктурного направления в нанотехнологии / Н.А. Азаренков, В.М. Береснев, А.Д. Погребняк // М.: Книжный дом, 2012 г. – 168 с.
30. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. Под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 456 с.
31. Вознесенский Э.Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии / Э.Ф. Вознесенский, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань: КНИТУ, 2014. – 184 с.
32. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / Е.И. Пряхин, С.А. Вологжанина, А.П. Петкова, О.Ю. Ганзуленко. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2022. – 372 с.
33. Введение в нанотехнологию: учебное пособие / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, Г.Н. Лукьянов, В.А. Тупик. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 464 с.
34. Нанотехнологии и электроника: учебное пособие / составитель М.А. Нефёдова. – Курск: КГУ, 2022. – 123 с.

35. Рыжонков Д.И. Наноматериалы: учебное пособие / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури; художник С. Инфантэ. – 6-е изд. – М. : Лаборатория знаний, 2021. — 368 с.
36. Илюшин В.А. Наноматериалы: учебное пособие / В.А. Илюшин. – Новосибирск : НГТУ, 2019. – 114 с.
37. Поленов, Ю. В. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для СПО / Ю.В. Поленов, Е.В. Егорова. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2021. – 180 с.
38. Привалов Е.Е. Основы электроматериаловедения / Е.Е. Привалов. – 2-е изд., стер. – М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 301 с.
39. Успехи наноинженерии: электроника, материалы, структуры / под ред. Д. Дэвис, М. Томпсон. – М.: Техносфера, 2011. – 512 с.
40. Раков Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие / Э.Г. Раков. – 3-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 480 с.
41. Сергеева Е.А. Композиционные наноматериалы: учебное пособие / Е.А. Сергеева, Ю.А. Тимошина. – Казань: КНИТУ, 2017. – 152 с.
42. Тетьяков Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов. – М.: МГУ, 2006. – 400 с.
43. Авдин В.В. Физические методы исследования : методы магнитного резонанса, масс-спектрометрии, зондовой и электронной микроскопии : учеб. пособие по направлению 04.03.01 «Химия» и др. / В.В. Авдин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Экология и химич. технология ; ЮУрГУ. – Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ, 2020. – 93, [2] с.
44. Авдин В.В. Физические методы исследования, использующие электромагнитное излучение: учеб. пособие по направлению 04.03.01 «Химия» и др. / В.В. Авдин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Экология и химич. технология; ЮУрГУ. – Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ, 2019. – 79, [1] с.: ил.
45. Екобори Т. Научные основы прочности и разрушения металлов. – Киев: Наукова думка, 1978. – 352 с.
46. Макклиток Ф., Аргон А. Деформация и разрушение материалов. – М.: Мир, 1970. – 443 с.

Дополнительная

47. Нанотехнологии в электронике / под редакцией Ю.А. Чаплыгина. – М.: Техносфера, 2013. – 688 с.
48. Дробот П.Н. Наноэлектроника / П.Н. Дробот ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : ТУСУР, 2016. – 286 с.
49. Марков В.Ф. Материалы современной электроники: учебное пособие / В.Ф. Марков, Х.Н. Мухамедзянов, Л.Н. Маскаева. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014. – 272 с.

50. Неволин В.К. Зондовые технологии в электронике: монография / В.К. Неволин. – М. : Техносфера, 2014. – 174 с.
51. Щука А.А. Электроника : учеб. пособие для вузов / А.А. Щука. – 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 739 с.
52. Иванов И.Г. Основы квантовой электроники / И.Г. Иванов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Физический факультет. – Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2011. – 174 с.
53. Шангина Л.И. Квантовая и оптическая электроника / Л.И. Шангина. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 303 с.
54. Сергеев А.Г. Нанометрология / А.Г. Сергеев. – М.: Логос, 2011. – 415 с.
55. Корабельников Д.В. Физика наноструктур: / Д.В. Корабельников, Н.Г. Кравченко, А.С. Поплавной; Министерство образования и науки РФ, Кемеровский государственный университет. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2016. – 161 с.
56. Вихров С.П., Холмина Т.А., Бегун П.И., Афонин П.Н. Биомедицинское материаловедение. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия-Телеком, 2006. — 383 с.
57. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы: в 14 т. / В. Э. Гюнтер [и др.]; под ред. В.Э. Гюнтера. – Т. : Изд-во МИЦ, 2011. – Т.1. – 534 с.
58. Биосовместимые материалы и имплантаты с памятью формы / В.Э. Гюнтер, В.Н. Ходоренко, Ю.Ф. Ясенчук [и др.] ; под. ред. В. Э. Гюнтера. – Northampton, MA : STT, 2001. – 256 с.
59. Конспекты лекций по медицинской и биологической физике / под ред. С.С. Перцова [и др.]. – М. : МГМСУ им. А.И. Евдокимова, 2017. – 175 с.
60. Нелинейные вязкоупругие свойства биологических тканей / А.В. Кобелев, Л.Т. Смолюк, Р.М. Кобелева, Ю.Л. Проценко. – Екатеринбург : УрО РАН, 2012. – 214 с.
61. Итин В.И. Высокотемпературный синтез интерметаллических соединений / В.И. Итин, Ю.С. Найбороденко. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 1989. – 214 с.
62. Кривобоков В.П. Плазменные покрытия (методы и оборудование) : учеб. пособие / В.П. Кривобоков, Н.С. Сочугов, А.А. Соловьёв. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2008. – 104 с.
63. Вирхов С. П. и др. Биомедицинское материаловедение: Учебное пособие для вузов //М.: Горячая линия-Телеком. – 2006. – Т. 383.
64. Полимерные композиты с высокими упруго–прочностными характеристиками: моногр. / С.В. Курин [и др.]. – Пенза : ПГУАС, 2016. – 124 с.

65. Волокнистые композиционные материалы с металлической матрицей / М. Х. Шоршоров [и др.]. – М. : Машиностроение, 1981. – 272 с.
66. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А. и др. Введение в физику поверхности. – М.: Наука, 2006. – 490 с.
67. Новые материалы для медицины - Зуев М.Г., Ларионов Л.П. - 2006 г.
68. Полимеры медицинского назначения - Манабу С. - 1981 г.
69. Биокерамика на основе фосфатов кальция - Баринов С.М. - 2005 г.

Ресурсы сети Интернет:

Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ <http://www.lib.tsu.ru/>

Электронный каталог периодических изданий www.pubmed.com

Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>

4. Пример экзаменационного билета

КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН
по научной специальности 2.6.17. Материаловедение.

БИЛЕТ № 1

1. Цветные металлы и сплавы, легирование, термическая обработка, структура, свойства, области применения.
2. Основные типы химической связи в твердых телах. Потенциалы межатомного взаимодействия. Энергия связи металлических, ковалентных, ионных кристаллов. Равновесное межатомное расстояние.
3. Различия термодинамических свойств на поверхности и в объеме твердого тела. Поверхностная энергия. Анизотропия поверхностной энергии.
4. Вопрос из дополнительной программы.