МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор НИЯУ МИФИ
_____О.В. Нагорнов
«__» _____ 2018 г

Ответственный секретарь
приемной комиссии
_____И.В. Цветков
«__» _____ 2018 г

Программа вступительного испытания

по направлению подготовки магистров
22.04.01 «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ»

Форма обучения
Очная

Москва 2018

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования.

Форма проведения испытания:

Вступительное испытание в магистратуру проводится в форме собеседования с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Собеседование проводится с целью выявления у абитуриента объёма знаний, необходимых для обучения в магистратуре.

Структура испытания:

Испытание состоит из ответов на вопросы билета и дополнительные вопросы в рамках программы вступительного испытания.

Оценка испытания:

Оценка за собеседование выставляется по 100-балльной шкале. Минимальный балл, необходимый для успешного прохождения собеседования и дальнейшего участия в конкурсе ежегодно устанавливается приемной комиссией НИЯУ МИФИ.

Критерии оценки результатов испытания:

100-95 баллов - даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует глубокие теоретические знания, умение сравнивать и оценивать различные научные подходы, пользоваться современной научной терминологией.

94-90 баллов - даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания, умение пользоваться современной научной терминологией.

89-85 баллов - даны обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания.

84-80 баллов - даны в целом правильные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, при этом абитуриент недостаточно аргументирует ответы.

79-0 баллов – абитуриент демонстрирует непонимание основного содержания теоретического материала, поверхностность и слабую аргументацию суждений или допущены значительные ошибки.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1. Физика твердого тела

Строение атомов и межатомные взаимодействия.

Основы электронной теории кристаллов.

Классификация фаз в сплавах.

Макроскопическое описание явления диффузии.

Атомная теория диффузии в металлах. Диффузия и фазовые превращения в металлах и сплавах.

Основы электронной теории электропроводности. Магнитные свойства твердых тел.

Физическая природа диамагнетизма и парамагнетизма.

Теплоемкость кристаллических твердых тел. Теплопроводность твердых тел.

Релаксационные явления в твердых телах.

2. Методы исследования структуры и состава материалов

Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Интерференция рентгеновских лучей.

Структурный анализ как преобразование Фурье. Интерференционная функция.

Методы рентгеноструктурного анализа. Рентгенографическое определение макронапряжений.

Рентгенографический анализ уширения дифракционных линий. Основы рентгеновского текстурного анализа.

Рентгеновский фазовый анализ. Рентгенографический анализ твердых растворов.

Применение дифракции электронов и нейтронов для анализа структуры материалов.

Автоионная микроскопия. Туннельная сканирующая микроскопия.

Растровая электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия.

Оже-спектроскопия.

Метод рентгеноспектрального анализа. Метод вторичной ионной масс-спектрометрии.

3. Основы материаловедения

Теория фазового превращения при кристаллизации металлов. Основы фазовых равновесий в двухкомпонентных системах.

Твердые растворы: типы и условия образования; упорядоченные твердые растворы.

Эвтектические системы. Особенности фазовых превращений в сплавах в твердом состоянии.

Структура и свойства деформированного металла. Первичная рекристаллизация: кинетика, текстуры отжига, зарождение и рост зерен.

Собирательная и вторичная рекристаллизация.

Мартенситные превращения. Бейнитное превращение. Старение.

Термодинамика и кинетика выделения из твердого раствора.

Отпуск. Изменение структуры и механических свойств сталей при отпуске.

4. Физическое материаловедение

Физико-химический анализ и выбор легирующих элементов. Диаграммы состояния и их связь с механическими свойствами.

Высокочистые вещества и материалы, методы глубокой очистки, анализ уровней чистоты.

Вязкое и хрупкое разрушение материалов, факторы, влияющие на характер разрушения материалов.

Микролегирование: понятие, механизмы влияния микродобавок, изменение свойств сплавов.

Структура: понятия, структурные уровни, методы управления структурой поликристаллов.

Структура и свойства аморфных сплавов. Структурные изменения в материалах: движущие силы и механизмы.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ:

Траектория «Компьютерная разработка материалов»

Классификация методов компьютерного моделирования по размерной и временной шкалам. Опишите характерные размерные масштабы объектов и явлений, изучаемых физическим материаловедением, в сопоставлении с методами компьютерного моделирования, которые могут быть использованы для их изучения. Понятие расчетной ячейки. Типы граничных условий и их применение. Способы описания потенциальной энергии межатомного взаимодействия и область их применимости.

Квантово-механические методы и их классификация по размерной и временной шкалам. Особенности и пределы применимости квантово-механических методов. Особенности и пределы применимости теории функционала плотности. Способы решения

уравнения Шредингера. Приближение Борна-Оппенгеймера.

Метод молекулярной динамики. Метод конечных разностей. Алгоритм Эйлера. Алгоритм Верле. Алгоритм предиктор-корректора. Статистическая механика в атомистическом и микроскопическом моделировании. Молекулярная динамика при постоянной температуре. Понятие термостата. Примеры термостатов. Молекулярная динамика при постоянном давлении. Понятие баростата. Примеры баростатов.

Статистическая механика в моделировании. Статистическая термодинамика и статистическая кинетика. Основы метода Монте-Карло. Случайные числа. Модель Метрополиса. Модель Изинга. Метод кинетического Монте-Карло. Метод объектного Монте-Карло.

Определение методов мезоскопического уровня. Группы методов, описывающие системы и протекающие в них процессы на мезо-уровне. Области применения методов мезо-уровня. Модели на основе закона сохранения энергии. Модели теплопередачи. Модели нелинейной теплопроводности. Основы метода конечных элементов.

Концепция многоуровневого подхода. Типы подходов многоуровневого моделирования. Примеры решения задач материаловедения с использованием многоуровневого подхода моделирования. Подходы к моделированию распространения каскада в твердом теле. Физические и математические модели. Обзор существующих программных продуктов, реализующих подходы для моделирования взаимодействия излучения с веществом.

Траектория «Новые материалы и технологии»

Классификация материалов, используемых в технике по типу химической связи, структуре, назначению. Структурная схема связи наука-технология-производство. Конструкционные и функциональные материалы. Градиентные функциональные материалы. Синтез материалов. Общая схема получения материалов. Классическая схема (выплавка слитка + ТМО), технология смешения компонентов, конструирование материала и изделия. Основные этапы получения чистых металлов. Обогащение, вскрытие, восстановление, рафинирование. Обработка руды перед обогащением. Методы и оборудование. Минералы и руды, основные промышленные группы минералов, кондициии на руды и концентраты. Получение рудных концентратов. Обогащение (гравитационное, отсадка, флотация). Методы и оборудование. Получение рудных концентратов. Обогащение (магнитное, электростатическое). Методы и оборудование. Вскрытие концентрата. Пирометаллургическая и гидрометаллургическая технология. Виды пирометаллургических процессов (обжиг, плавка, конвертирование, рафинирование, дистилляция). Обжиг рудных концентратов, определение и примеры различных видов

обжига. Плавка, определение, основные виды плавки, примеры. Вскрытие концентрата. Пирометаллургический и гидрометаллургический способ, примеры. Вскрытие концентрата. Хлорирование и фторирование, физико-химические основы, механизмы и способы, примеры. Разделение и очистка при хлорировании. Особенности технологии фторирования. Вскрытие концентрата. Сульфатация. Пирометаллургический и гидрометаллургический варианты. Примеры. Выщелачивание сульфатного спека. Производство чугуна. Схема доменной печи, основные элементы конструкции. Огнеупорные материалы. Классификация, свойства, составы, применение. Руды, флюсы, топливо, применяемые при выплавке чугуна. Доменный процесс. Горение топлива. Основные характеристики процесса, соответствующие реакции. Восстановление железа - прямое и косвенное, соответствующие реакции, их соотношение. Доменный процесс. Науглероживание железа, образование чугуна. Полезные и вредные примеси. Шлакообразование, состав и основные характеристики шлака, роль в доменном процессе. Продукты доменного процесса. Виды чугуна. Побочные продукты, применение. Производство стали. Кислородно-конвертерный процесс. Раскисление стали. Классификация сталей по степени раскисления. Мартеновский процесс производства стали. Электродуговая выплавка стали. Выплавка стали в индукционных печах. Ковшовая, сифонная и непрерывная разливка стали. Способы получения стали особо высокого качества. Получение стали с использованием прямого восстановления железа. Основы производства цветных металлов. Производство меди. Плавка на штейн. Рафинирование. Производство никеля. Плавка на штейн. Конвертирование штейна. Производство алюминия. Получение глинозема. Электролиз, рафинирование. Производство магния. Хлорирование. Рафинирование. Производство титана. Плавка на шлак. Магниетермический способ получения титановой губки. Методы рафинирования. Обработка металлов давлением. Прокатка металлов. Основные виды прокатки и продукции проката. Производство сварных и бесшовных труб. Технология кузнечно-прессового производства. Ковка, штамповка, прессование – основные характеристики, виды операций, оборудование. Порошковая технология. Сущность метода, основные технологические операции, применение. Производство металлических порошков. Методы получения, классификация порошков. Механическая фрагментация компактных материалов. Диспергирование расплавов. Получение быстрозакаленных порошков. Основные их преимущества, применение, особенности структурно-фазового состояния. Свойства металлических порошков: физические, химические, технологические. Формование порошков: подготовка порошков к формованию (отжиг, термопластическая обработка, классификация, приготовление смесей). Прессование в пресс-форме. Схема

метода, оборудование, применение смазок. Изостатическое прессование. Основные особенности метода, оборудование, применение. Прокатка порошка, мундштучное прессование. Динамическое (импульсное) прессование – определение, основные виды. Спекание: основные разновидности. Стадии спекания, движущая сила, механизмы. Влияние технологических параметров на процесс спекания и свойства компакта. Ультрадисперсные (нано) порошковые материалы. Определение, свойства нано порошков металлов, оксидов. Основные направления модифицирования металлов. Модификация поверхности материалов. Технологии нанесения покрытий и пленок. Технологии изменения приповерхностного слоя материала. Термическое и химико-термическое модифицирование. Электролитическое насыщение поверхностных слоев. Химическое и электрохимическое осаждение. Пластическое деформирование поверхностных слоев. Диффузионное насыщение. Радиационно-пучковые технологии модифицирования материалов. Общее представление об ионно-плазменных видах обработки поверхности.

Литература

1. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 7 т. /Под общей ред. Б.А. Калина. –Том 2. Основы материаловедения/ Г.Н. Елманов, Б.А. Калин, С.А. Кохтев, В.В. Нечаев, А.А. Полянский, Е.А. Смирнов, В.И. Стаценко. – М.: МИФИ, 2012. – 604 с.
2. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков. – М.: МИСИС, 2003.
3. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 7 т. /Под общей ред. Б.А. Калина. – Том 3. Методы исследования структурно-фазового состояния материалов/ Н.В. Волков, В.И. Скрытный, В.П. Филиппов, В.Н. Яльцев. – М.: МИФИ, 2012. – 800 с.
4. Волков Н.В., Солонин М.И., Калин Б.А. Физические методы исследования структуры твердых тел Ч. 1. Методы электронной микроскопии. – М.: МИФИ, 2005.
5. Физическое материаловедение : учебник для вузов: в 7 т. / Под общей ред. Б.А. Калина. –Том. 5: Материалы с заданными свойствами/ М.И. Алымов, М.А. Бурлакова, Г.Н. Елманов, Б.А. Калин, А.Н. Калашников, В.В. Нечаев, А.А. Полянский, А.Н. Сучков, И.И. Чернов, Я.И. Штромбах, А.В. Шульга. – М.: МИФИ, 2012, 700 с.
6. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 7 т. /Под общей ред. Б.А. Калина. –Том 2. Основы материаловедения/ Г.Н. Елманов, Б.А. Калин, С.А. Кохтев, В.В. Нечаев, А.А. Полянский, Е.А. Смирнов, В.И. Стаценко. – М.: МИФИ, 2012. – 604 с.
7. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 7 т. /Под общей ред. Б.А. Калина. – Том 4. Радиационная физика твердого тела. Компьютерное моделирование / М.Г. Ганченкова, Е.Г. Григорьев, Б.А. Калин, Г.И. Соловьев, А.Л. Удовский, В.Л. Якушин. – М.: МИФИ, 2012. – с. 351-484