

Приложение 16

Утверждено Приказом ФИЦ КазНЦ РАН
от _____ № _____

Разработано и рекомендовано к утверждению
Ученым советом КФТИ – обособленного
структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН
«22» января 2025 г., протокол № 2

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

по дисциплине

«Физика магнитных явлений»

(общая типовая программа по научной специальности

1.3.12 Физика магнитных явлений)

1. Введение

Кандидатский экзамен представляет собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по научной специальности **1.3.12 Физика магнитных явлений, физико-математические науки**.

Экзамен по специальной дисциплине должен выявить уровень теоретической и профессиональной подготовки соискателя, знание общих концепций и методологических вопросов данной науки, фактического материала, основных теоретических и практических проблем данной отрасли знаний.

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине **Физика магнитных явлений** сдается по программе, состоящей из двух частей: типовой программы по научной специальности (данная программа) и дополнительной индивидуальной программы, разрабатываемой научным руководителем соискателя ученой степени. Кандидатский экзамен проводится в устной форме по вопросам программы. Сдающим предлагаются три основных вопроса из программы - два по типовой программе и один по дополнительной. Помимо основных вопросов члены комиссии могут задать обучающимся дополнительные вопросы, не требующие длительной подготовки.

Кандидатский экзамен по физике магнитных явлений проводится в устной форме по вопросам программы, на экзамене предлагается три вопроса (без билетов). После устного ответа могут заданы дополнительные и уточняющие вопросы, не выходящие за пределы программы кандидатского экзамена.

2. Программа кандидатского экзамена

2.1. Общие понятия

Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный диполь. Теоремы о циркуляции векторов напряженности магнитного поля, вектора магнитной индукции и намагниченности. Магнетики: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Закон Кюри. Температура Вейсса.

2.2. Магнитные структуры и типы магнетиков

Магнитная структура. Магнитная подрешетка. Ферромагнитная структура. Антиферромагнитная структура. Слабый ферромагнетизм. Ферримагнитная структура. Спиральная магнитная структура. Магнитная нейтронография.

Неколлинеарные, фрустрированные магнетики. Типы магнитных структур. Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.

2.3. Магнитные взаимодействия

Прямое и косвенное изотропные симметричные обменные взаимодействия. Анизотропные симметричные и антисимметричное (Дзялошинского-Мория) обменные взаимодействия. Квазиодномерная цепочка спинов, двумерная спиновая структура, модель Изинга. Эффективный спиновый гамильтониан в теории низкоразмерных магнетиков. Сверхтонкое взаимодействие. Магнитное диполь-дипольное взаимодействие.

2.4. Магнитная анизотропия

Энергия магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии. Эффективное магнитное поля анизотропии. Оси магнитной анизотропии. Плоскости легкого и трудного намагничивания. Магнитная анизотропии типа “легкая ось”, “легкая плоскость”.

2.5. Магнитоупругие явления

Магнитострикция. Магнитоупругая энергия. Магнитоупругие постоянные. Константы магнитострикции. Магнитоупругие волны. Магнитоупругое затухание.

2.6. Кинетические явления

Гальваномагнитные эффекты. Квантовый и эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Гигантское магнитосопротивление. Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.

2.7. Домены и доменные границы

Магнитный домен. Доменная граница (Блоха, Нееля). Доменная структура. Полосовая и лабиринтная доменные структуры. Цилиндрический магнитный домен. Решетка ЦМД.

2.8. Процессы намагничивания, перемангничивания и размагничивания

Внешнее магнитное поле. Намагничивание. Гистерезис намагничивания. Эффект Баркгаузена. Магнитное насыщение. Гистерезис ферромагнетиков, антиферромагнетиков, суперпарамагнетиков. Остаточная намагниченность и коэрцитивная сила. Подвижность и эффективная масса доменной границы. Перемангничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного гистерезиса. Магнитные восприимчивость и проницаемость. Размагничивание переменным полем, нагревом. Размагничивающее и внутреннее магнитное поле.

2.9. Магнитные фазовые переходы и критические явления

Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля. Топологические фазовые переходы. Динамика фазовых переходов.

2.10. Спиновые волны

Ферромагнитный резонанс. Магнитостатические моды. Спиновые волны. Спин-волновой резонанс. Ядерный магнитный резонанс, электронный парамагнитный резонанс.

2.11. Магнитооптика

Магнитооптические эффекты: эффект Фарадея, эффект Коттона-Мутона, Эффект Керра. Фотомагнитные эффекты. Гиромагнитная среда.

2.12. Характеристики магнитных материалов

Магнито-мягкий материал. Магнито-твердый материал. Магнитный материал с прямоугольной петлей гистерезиса. Сверхвысокочастотный магнитный материал. Магнитный материал для постоянных магнитов. Магнитный материал для носителей записи. Материал с цилиндрическими магнитными доменами. Магнитострикционный материал. Материал для термомагнитной записи информации. Текстурированный магнитный материал.

Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой. Магнитные потери на вихревые токи. Время и скорость перемангничивания.

3. Рекомендуемая литература

3.1. Основная литература

1. Васильев А.Н., Волкова О.С., Зверева Е.А., Маркина М.М. Низкоразмерный магнетизм, ФИЗМАТЛИТ, 2017.

2. Голдин Б.А., Котов Л.Н., Зарембо Л.К., Карпачев С.Н.. Спин-фононные взаимодействия в кристаллах (ферритах). Л-д: Наука, 1991.
3. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества. М.:Мир, 1983.
4. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практическое применение. М.:Мир, 1987.

3.2. Дополнительная литература

1. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.
2. Крупичка С. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов. М.: Мир, 1976.
3. Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М.:Мир, 1982.
4. Хандрих К., Коте С. Аморфные ферро- и ферримагнетики. М.: Мир, 1982.

4. Электронные ресурсы

1. Электронная платформа «Лань» - <https://e.lanbook.com>
2. Электронная платформа <http://www.biblioclub.ru/>
3. Электронная платформа издательства WILEY-BLACWALL - <http://www.interscience.wiley.com>
4. Электронная платформа издательства SPRINGER - <http://www.springerlink.com>
5. Платформа научной электронной библиотеки e-Library.ru - <http://www.elibrary.ru>
6. Электронная платформа издательства Elsevier - <http://www.sciencedirect.com>
7. Электронная платформа издательства Elsevier - <http://www.scopus.com>
(Реферативно-поисковая база данных Scopus)

4. Критерии оценки

Отлично	<ul style="list-style-type: none"> – Все вопросы раскрыты полностью; – Обучающийся владеет основными теориями и глубоко понимает их содержание; – Имеет ясное представление связи теории и практики в рамках излагаемого материала; – Уверенно владеет необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами; – Ясно и четко дает основные определения. Владеет терминологическим и понятийным аппаратом; – Развернуто отвечает на дополнительные вопросы.
Хорошо	<ul style="list-style-type: none"> – Вопросы раскрыты по существу; – Обучающийся в целом владеет основными теориями и понимает их содержание; – Имеет общее представление о связи теории и практики в рамках излагаемого материала; – Владеет в целом необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами; – В достаточной мере владеет понятийным и терминологическим аппаратом; – Имеет затруднения при ответе на дополнительные вопросы.
Удовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"> – Вопросы раскрыты, но не полностью; – Слабое понимание связи теории и практики; – Обучающийся может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, но имеет затруднения при решении некоторых задач; – Обучающийся не демонстрирует уверенного владения понятийным и терминологическим аппаратом; – Дополнительные вопросы вызывают затруднение.
Неудовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"> – Большая часть вопросов не раскрыта; – Обучающийся не может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, не может применить теорию при решении конкретных задач; – Нет ответов на дополнительные вопросы.