



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический
университет» (БГТУ)

Факультет энергетики и электроники

(наименование факультета/института)

Общая физика

(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

по учебной работе и цифровизации

_____ **В.А. Шкаберин**

«25» апреля 2023 г.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Физика магнитных явлений

(наименование дисциплины)

1.3.12. Физика магнитных явлений

(код и наименование научной специальности)

Физико-технические науки

(наименование отрасли наук)

высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

(уровень образования)

Очная

(форма обучения)

2023

(год набора)

Брянск 2023

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине

Физика магнитных явлений*(наименование дисциплины)***1.3.12. Физика магнитных явлений***(код и наименование научной специальности)*

Разработал:

Заведующий кафедрой «ОФ»,

д.ф.-м.н., доцент

*(должность, ученая степень, ученое звание)**(подпись)*

А.А. Демидов

(И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

Общая физика

(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

«04» апреля 2023 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н., доцент

*(ученая степень, ученое звание)**(подпись)*

А.А. Демидов

(И.О. Фамилия)

© Демидов А.А., 2023

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет», 2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

Программа кандидатского экзамена предназначена для сдачи аспирантами кандидатского экзамена по специальной дисциплине «Физика магнитных явлений» по программе аспирантуры по научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОВЕДЕНИЯ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Цель кандидатского экзамена – установить глубину профессиональных знаний аспиранта, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

Основными задачами является выявление:

- сформированности у аспирантов четкого понимания основных понятиях и идей современной физики магнитных явлений;
- уровня знаний по темам избранных разделов электродинамики, квантовой механики, физики твердого тела, касающиеся физики магнитных явлений.

2. МЕСТО КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине «Физика магнитных явлений» является промежуточной аттестацией дисциплины «Физика магнитных явлений», относится к образовательному компоненту программы аспирантуры и реализуется на 4 курсе в 1 семестре.

3. ОБЪЕМ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Общая трудоемкость кандидатского экзамена по специальной дисциплине составляет 1 зачетная единица (36 академических часа).

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

4.1. Структура программы кандидатского экзамена

Структура кандидатского экзамена представлена в виде тематического плана в таблице 2.

Таблица 2 – Тематический план кандидатского экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1.	Основные законы и уравнения	Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость и восприимчивость. Магнитный поток. Теорема о циркуляции. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Магнитное поле простейших токовых систем. Размагничивающий фактор. Силовое действие магнитного поля. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряда в магнитном поле. Ускорители заряженных частиц. Действие магнитного поля на диполь. Магнитный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.
2	Виды магнетиков	Классификация магнетиков. Основные типы магнитных состоя-

		ний вещества. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Обменное взаимодействие и природа магнитного упорядочения. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Перемангничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного гистерезиса. Размагничивание переменным полем, нагревом. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков. Теория магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии. Фазовый переход. Переходы первого и второго рода.
3	Редкоземельный магнетизм	Физико-химические свойства редкоземельных металлов (РЗМ) и их сплавов. Электронная структура. Основное состояние. Магнитные моменты ионов редких земель. Энергетические уровни. Лантаноидное сжатие. Магнитные фазовые переходы в РЗМ и их сплавах.
4	Магнитные свойства интерметаллических соединений	Спин-переориентационные переходы в ферромагнитных редкоземельных металлах, сплавах и соединениях. Ферро - и ферри-магнетизм редкоземельных соединений. Соединения РЗМ с железом и кобальтом. Магнитная фазовая диаграмма в ферримагнитных редкоземельных сплавах. Эффективные обменные поля и их влияние на величину магнитострикции. Зонный магнетизм в интерметаллических соединениях РЗМ. Обменные взаимодействия и магнитные моменты. Метамангнитные переходы в соединениях РЗМ. Магнетизм силицидов и германидов, редких земель на основе композиций: РЗМ - 3d - переходной металл, - кремний (германий), соединения РЗЭ с немагнитными элементами.
5.	Магнитные материалы	Магнитные материалы с f и d элементами. Магнитные материалы с мультиферроэлектрическими свойствами. Магнитотвердые материалы на основе SmCo_5 , $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ и $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. Высокомангнитострикционные материалы. Материалы для датчиков (давлений, магнитных и тепловых полей, температур и др.). Редкоземельные метамангнетики. Редкоземельные магнитодиэлектрики (ферриты и гранаты).

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

5.1. Перечень основной, дополнительной и справочной учебной литературы:

а) основная литература

1. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 1. Механика. Молекулярная физика [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Савельев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 356 с. — ISBN 987-5-8114-6796-9 – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98245>.

2. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.В. Савельев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 500 с. — ISBN 978-5-8114-3989-8 – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98246>.

3. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.В. Савельев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 468 с. — ISBN 978-5-8114-4253-9 – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92652>.

б) дополнительная литература

1. Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – М.: Мир, 1965 – 1967. – Вып. 1 – 9. (4 экз.).

2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: МедиаСтар, 2006. - 790 с. (4 экз.).

3. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела: в 2 т. М.: Мир, 1975. (2 экз.).

4. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. М.: Наука, 1961. 664 с. (52 экз.).

5. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Наука, 1989. 504 с. (5 экз.).

6. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов: в 5-ти томах / Д.В. Сивухин. – М.: Физматлит, МФТИ, 2006. – 560 с. (1 экз.).

7. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. “Механика”, Т. 1, М., "ФИЗМАТЛИТ", 2001.

8. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. “Квантовая механика.”, Т.3, М., "ФИЗМАТЛИТ", 2001.

9. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. “Электродинамика сплошных сред.”, Т.8, М., "Наука", 1992.

10. Г.С. Ландсберг. Оптика. М., 1976.

11. А.С. Давыдов. Квантовая механика. М., Физматгиз, 1973.

12. Попков, В.И. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие [Текст] + [Электронный ресурс]/ В.И. Попков. – Брянск: БГТУ, 2015. – 224 с. – 15 экз. – ISBN 978-5-89838-855-3.

13. Попков, В.И. Физический словарь [Текст]+ [Электронный ресурс]/ В.И. Попков. – Брянск: БГТУ, 2013. – 294 с. – 15 экз. – ISBN 978-5-89838-726-6.

14. Сирота, Д.И. Основы теории электромагнетизма: учебное пособие / Д.И. Сирота. - Брянск: БГТУ, 2016. – 72 с. – 15 экз.

в) справочная литература

1. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Сов. Энциклопедия, 1983. (5 экз.).
2. Яворский, Б. М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский, А.К. Лебедев. – Москва: Оникс, 2014. – 1056 с. – ISBN 5-488-00330-4.
3. Рыбалка, С.Б. Физика. Таблицы физических величин : справочные материалы для студентов всех форм обучения по укрупненным группам направлений подготовки и специальностей 02.00.00 – Компьютерные и информационные науки; 09.00.00 – Информатика и вычислительная техника; 10.00.00 – Информационная безопасность; 11.00.00 – Электроника, радиотехника и системы связи; 13.00.00 – Электро- и теплоэнергетика; 15.00.00 – Машиностроение; 20.00.00 – Техносферная безопасность и природообустройство; 22.00.00 – Технологии материалов; 27.00.00 – Управление в технических системах; 44.00.00 – Образование и педагогические науки. / С.Б. Рыбалка, И.О. Мачихина, О.А. Шишкина – Брянск : БГТУ, 2021. – 43 с. – URL: <http://mark.lib.tu-bryansk.ru/marcweb2/Found.asp>. – Режим доступа: для зарегистрированных читателей НБ БГТУ. – Текст : электронный.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для сдачи кандидатского экзамена:

1. Единое окно доступа к информационным ресурсам (<http://window.edu.ru>).
2. Национальная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru>).
4. Федеральный Интернет-портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>).
5. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» (<http://www.iprbookshop.ru>).
6. Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com>).
7. Сайт ФГБУ Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>.

**6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

Для обеспечения проведения кандидатского экзамена имеется следующая материально-техническая база:

- учебная аудитория, оснащенная комплектом мебели и доской, для проведения консультаций и кандидатского экзамена;
- компьютерные классы с постоянным доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», а также читальные залы научной библиотеки БГТУ для самостоятельной работы аспирантов.

7. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Проведение кандидатского экзамена для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья проводится с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

При проведении промежуточной аттестации обеспечивается соблюдение следующих требований:

- для аспирантов из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья промежуточная аттестация проводится с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (далее - индивидуальные особенности);
- проведение мероприятий по промежуточной аттестации для лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с аспирантами, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, допускается, если это не создает трудностей для аспирантов;
- присутствие в аудитории ассистента, оказывающего аспирантам необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, понять и оформить задание, общаться с преподавателем);
- предоставление аспирантам при необходимости услуги с использованием русского жестового языка, включая обеспечение допуска на объект сурдопереводчика, тифлопереводчика (в организации должен быть такой специалист в штате (если это востребованная услуга) или договор с организациями системы социальной защиты по предоставлению таких услуг в случае необходимости);
- предоставление аспирантам права выбора последовательности выполнения задания и увеличение времени выполнения задания (по согласованию с преподавателем);
- по желанию аспиранта устный ответ при контроле знаний может проводиться в письменной форме или наоборот, письменный ответ заменен устным.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ АСПИРАНТОВ

Сдача аспирантом кандидатского экзамена по специальной дисциплине «Электротехнические комплексы и системы» относится к оценке результатов освоения дисциплины «Электротехнические комплексы и системы», осуществляемой в рамках промежуточной аттестации.

Для приема кандидатского экзамена по специальной дисциплине создается экзаменационная комиссия. Регламент работы экзаменационной комиссии определяется Положением об экзаменационной комиссии и порядке приема кандидатских экзаменов в БГТУ.

Шкала оценивания

Уровень знаний аспиранта определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Показатели и критерии оценивания промежуточной аттестации

Оценка «отлично» - аспирант дает полные, исчерпывающие и аргументированные ответы; грамотно использует научную терминологию; умеет связывать теорию с практикой, высказывать и обосновывать свои суждения. Во время экзамена аспирант должен подробно ответить на три вопроса экзаменационного билета.

Оценку «хорошо» - аспирант дает достаточно полные и аргументированные ответы; применяет научную терминологию, но при этом допускает ошибку или неточность в определениях, понятиях; умеет связывать теорию с практикой, высказывать и обосновывать свои суждения. Во время экзамена аспирант должен подробно ответить на три вопроса экзаменационного билета. Допускаются незначительные недочеты и неточности, которые аспирант исправляет самостоятельно в процессе беседы с экзаменационной комиссией.

Оценку «удовлетворительно» - аспирант дает неполные и слабо аргументированные ответы; допускает существенные терминологические неточности; частично аргументирует собственную позицию или точку зрения. Во время экзамена аспирант должен подробно ответить на один вопрос экзаменационного билета и частично на два других вопроса.

Оценку «неудовлетворительно» - отмечается отсутствие знания терминологии, научных оснований, признаков, характеристик рассматриваемой проблемы; не представлена собственная точка зрения по данному вопросу. Во время экзамена аспирант частично отвечает на вопросы.

8.1. Контрольно-измерительные материалы для промежуточной аттестации аспирантов

8.1.1. Вопросы для промежуточной аттестации аспирантов

1. Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость и восприимчивость. Магнитный поток. Теорема о циркуляции.

2. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Магнитное поле простейших токовых систем. Размагничивающий фактор.

3. Силовое действие магнитного поля. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряда в магнитном поле. Ускорители заряженных частиц. Действие магнитного поля на диполь.

4. Магнитный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

5. Классификация магнетиков. Основные типы магнитных состояний вещества. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Обменное взаимодействие и природа магнитного упорядочения.

6. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.

7. Ферромагнитные домены. Перемагничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного гистерезиса. Размагничивание переменным полем, нагревом.
8. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
9. Теория магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии.
10. Фазовый переход. Переходы первого и второго рода.
11. Физико-химические свойства редкоземельных металлов (РЗМ) и их сплавов. Электронная структура. Основное состояние.
12. Магнитные моменты ионов редких земель. Энергетические уровни. Лантаноидное сжатие.
13. Магнитные фазовые переходы в РЗМ и их сплавах.
14. Спин-переориентационные переходы в ферромагнитных редкоземельных металлах, сплавах и соединениях.
15. Ферро - и ферримагнетизм редкоземельных соединений.
16. Соединения РЗМ с железом и кобальтом. Магнитная фазовая диаграмма в ферримагнитных редкоземельных сплавах.
17. Эффективные обменные поля и их влияние на величину магнитострикции. Зонный магнетизм в интерметаллических соединениях РЗМ.
18. Обменные взаимодействия и магнитные моменты. Метамагнитные переходы в соединениях РЗМ.
19. Магнетизм силицидов и германидов, редких земель на основе композиций: РЗМ - 3d - переходной металл, - кремний (германий), соединения РЗЭ с немагнитными элементами.
20. Магнитные материалы с f и d элементами. Магнитные материалы с мультиферроэлектрическими свойствами. Магнитотвердые материалы на основе SmCo_5 , $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ и $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$.
21. Высокомагнитострикционные материалы. Материалы для датчиков (давлений, магнитных и тепловых полей, температур и др.).
22. Редкоземельные метамагнетики. Редкоземельные магнитодиэлектрики (ферриты и гранаты).