МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт физики металлов имени М.Н. Михеева

Уральского отделения Российской академии наук

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|   |

|  |
| --- |
| УТВЕРЖДЕНО: Зам. директора ИФМ УрО РАН,доктор физ.-мат. наук  |

|  |
| --- |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.А. Коротин  |

«20» мая 2019 г. |
|  |  |

**фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации**

**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

**Направление подготовки**

**03.06.01 «Физика и астрономия»**

**Направленность подготовки**

**«Физика магнитных явлений»**

Квалификация

**«Исследователь. Преподаватель-исследователь»**

 Программа утверждена на заседании

Ученого совета ИФМ УрО РАН протокол № 9 от «20» мая 2019 г.

Екатеринбург, 2019 г.

**Список документов и материалов**

|  |
| --- |
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП
 |
| 1. Цели и место дисциплины в структуре ОПОП
 |
| 1. Фонд оценочных средств по дисциплине
 |
| 3.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания |
| 3.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

4.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины |
|
|
| 4.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины. |
| 1. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.
 |

**1.1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Магнетизм твердых тел»,**

**соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной**

**профессиональной образовательной программы**

*(с ориентацией на карты компетенций)*

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Результаты обучения | Формируемая компетенция (с указанием кода) | Примечание |
| Знания | Знать основной круг задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений, и основные способы, методы, алгоритмы их решения с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий  | ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий |  |
| Знать основные экспериментальные и теоретические методики изучения структуры и свойств металлов и сплавов | ПК-1 Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов |  |
| Знать передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики твердого тела, магнетизма и типовые конструкции приборов  | ПК-2 Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе |  |
|  | Знать тренды развития отечественных и зарубежных исследований в области магнетизма твердых тел и в области физики твердого тела | ПК-3 Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций |  |
| Умения | Уметь находить наиболее эффективные пути решения основных типов задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений, используя современные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии | ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий |  |
| Уметь правильно и разумно критически оценивать новые публикуемые результаты, сопоставлять их с собственными результатами.  | ПК-1 Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов |  |
| Уметь применять знания о приборах для самостоятельного исследования в области магнетизма твердых тел | ПК-2 Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе |  |
| Уметь формулировать перспективные задачи для исследования в области магнетизма твердых тел.  | ПК-3 Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций |  |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Владеть современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в избранной области физики магнитных явлений; навыками публикации результатов научных исследований, в том числе полученных аспирантом лично, в рецензируемых научных изданиях | ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий |  |
| Владеть навыками самостоятельного использования экспериментальной аппаратуры для проведения исследований | ПК-1 Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов |  |
| Владеть навыками получения образцов магнитных материалов для проведения экспериментов | ПК-2 Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе |  |
| Владеть навыками самостоятельного формулирования и постановки задач исследования в области физики магнетизма | ПК-3 Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций |  |

**2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Магнетизм твердых тел» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на \_3 и 4\_ курсе.

Целью дисциплины является подготовка высококвалифицированного специалиста в области фундаментальной физики и физики магнитных явлений, математического моделирования физических объектов, явлений и процессов.

В результате аспирант приобретает умение ориентироваться в современной науке, приобщается к ее передовому краю, получает возможность соотнести собственные исследовательские интересы с актуальными задачами, стоящими перед современной наукой, сделать их частью научного поля.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения смежных дисциплин.

**3. Фонд оценочных средств по дисциплине**

**3.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы.**

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код и формулировка компетенции

**ОПК-1** Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать основной круг задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений, и основные способы, методы, алгоритмы их решения с использованием современных методов исследования | Фрагментарноевладение знаниями основного круга задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений, и основных способов, методов, алгоритмов их решения с использованием современных методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями основного круга задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений, и основных способов, методов, алгоритмов их решения с использованием современных методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями основного круга задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений, и основных способов, методов, алгоритмов их решения с использованием современных методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями знаниями основного круга задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений, и основных способов, методов, алгоритмов их решения с использованием современных методов исследования  |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь находить наиболее эффективные пути решения основных типов задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений | Фрагментарноевладение способностью находить наиболее эффективные пути решения основных типов задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений | В целом успешное, но не систематическое владение способностью находить наиболее эффективные пути решения основных типов задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений  | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью находить наиболее эффективные пути решения основных типов задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений | Успешное и систематическое владение способностью находить наиболее эффективные пути решения основных типов задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений  |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской деятельности в избранной области физики магнитных явлений; навыками публикации результатов | Фрагментарноевладение современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской деятельности в избранной области физики магнитных явлений; навыками публикации результатов | В целом успешное, но не систематическое владение современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской деятельности в избранной области физики магнитных явлений; навыками публикации результатов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской деятельности в избранной области физики магнитных явлений; навыками публикации результатов | Успешное и систематическое владение современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской деятельности в избранной области физики магнитных явлений; навыками публикации результатов |

**ПК-1** Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать основные экспериментальные и теоретические методики изучения структуры и свойств металлов и сплавов | Фрагментарноевладение знаниями основных экспериментальных и теоретических методик изучения структуры и свойств металлов и сплавов | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями основных экспериментальных и теоретических методик изучения структуры и свойств металлов и сплавов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями основных экспериментальных и теоретических методик изучения структуры и свойств металлов и сплавов | Успешное и систематическое владение знаниями основных экспериментальных и теоретических методик изучения структуры и свойств металлов и сплавов |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно критически оценивать новые публикуемые результаты, сопоставлять их с собственными результатами.  | Фрагментарноевладение способностью к критической оценке новых публикуемых результатов, сопоставлению их с собственными результатами.  | В целом успешное, но не систематическое владение способностью к критической оценке новых публикуемых результатов, сопоставлению их с собственными результатами.  | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью к критической оценке новых публикуемых результатов, сопоставлению их с собственными результатами.  | Успешное и систематическое владение способностью к критической оценке новых публикуемых результатов, сопоставлению их с собственными результатами.  |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть навыками самостоятельного использования экспериментальной аппаратуры для проведения исследований | Фрагментарноевладение способностью к самостоятельному использованию экспериментальной аппаратуры для проведения исследований | В целом успешное, но не систематическое владение способностью к самостоятельному использованию экспериментальной аппаратуры для проведения исследований | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью к самостоятельному использованию экспериментальной аппаратуры для проведения исследований | Успешное и систематическое владение способностью к самостоятельному использованию экспериментальной аппаратуры для проведения исследований |

**ПК-2** Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики твердого тела, магнетизма и типовые конструкции приборов  | Фрагментарноевладение знаниями о передовых достижениях в области физики твердого тела, магнетизма и о типовых конструкциях приборов | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями о передовых достижениях в области физики твердого тела, магнетизма и о типовых конструкциях приборов  | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями о передовых достижениях в области физики твердого тела, магнетизма и о типовых конструкциях приборов | Успешное и систематическое владение знаниями о передовых достижениях в области физики твердого тела, магнетизма и о типовых конструкциях приборов |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь применять знания о приборах для самостоятельного исследования в области магнетизма твердых тел | Фрагментарноевладение способностью к применеию знаний о приборах с целью самостоятельного исследования в области магнетизма твердых тел | В целом успешное, но не систематическое владение способностью к применеию знаний о приборах с целью самостоятельного исследования в области магнетизма твердых тел | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью к применеию знаний о приборах с целью самостоятельного исследования в области магнетизма твердых тел | Успешное и систематическое владение способностью к применеию знаний о приборах с целью самостоятельного исследования в области магнетизма твердых тел |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть навыками получения образцов магнитных материалов для проведения экспериментов | Фрагментарноевладение способностью получать образцы магнитных материалов для проведения экспериментов | В целом успешное, но не систематическое владение способностью получать образцы магнитных материалов для проведения экспериментов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью получать образцы магнитных материалов для проведения экспериментов | Успешное и систематическое владение способностью получать образцы магнитных материалов для проведения экспериментов |

**ПК-3** - Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать тренды развития отечественных и зарубежных исследований в области магнетизма твердых тел и в области физики твердого тела | Фрагментарноезнание трендов развития исследований в области магнетизма и физики твердого тела  | В целом успешное, но не систематическое знание трендов развития исследований в области магнетизма и физики твердого тела | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание трендов развития исследований в области магнетизма и физики твердого тела | Успешное и систематическое знание трендов развития исследований в области магнетизма и физики твердого тела |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь формулировать перспективные задачи для исследования в области магнетизма твердых тел | Фрагментарноевладение способностью к формулированию перспективных задачь для исследований в области магнетизма твердых тел | В целом успешное, но не систематическое владение способностью к формулированию перспективных задачь для исследований в области магнетизма твердых тел | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью к формулированию перспективных задачь для исследований в области магнетизма твердых тел | Успешное и систематическое владение способностью к формулированию перспективных задачь для исследований в области магнетизма твердых тел |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть навыками самостоятельного формулирования и постановки задач исследования в области физики магнетизма | Фрагментарноевладение навыками самостоятельного формулирования и постановки задач исследования в области физики магнетизма | В целом успешное, но не систематическое владение навыками самостоятельного формулирования и постановки задач исследования в области физики магнетизма | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками самостоятельного формулирования и постановки задач исследования в области физики магнетизма | Успешное и систематическое владение навыками самостоятельного формулирования и постановки задач исследования в области физики магнетизма |

**3.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Результаты обучения | Формируемая компетенция (с указанием кода) | Оценочные средства |
| Знания | Знать основной круг задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений, и основные способы, методы, алгоритмы их решения с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий  | ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов |
| Знать основные экспериментальные и теоретические методики изучения структуры и свойств металлов и сплавов | ПК-1 Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов |
| Знать передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики твердого тела, магнетизма и типовые конструкции приборов  | ПК-2 Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе |
| Знать тренды развития отечественных и зарубежных исследований в области магнетизма твердых тел и в области физики твердого тела | ПК-3 Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций |
| Умения | Уметь находить наиболее эффективные пути решения основных типов задач, встречающихся в избранной области физики магнитных явлений | ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |
| Уметь правильно и разумно критически оценивать новые публикуемые результаты, сопоставлять их с собственными результатами.  | ПК-1 Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов |
| Уметь применять знания о приборах для самостоятельного исследования в области магнетизма твердых тел | ПК-2 Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе |
| Уметь формулировать перспективные задачи для исследования в области магнетизма твердых тел.  | ПК-3 Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Владеть современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в избранной области физики магнитных явлений; навыками публикации результатов научных исследований, в том числе полученных аспирантом лично, в рецензируемых научных изданиях | ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |
| Владеть навыками самостоятельного использования экспериментальной аппаратуры для проведения исследований | ПК-1 Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов |
| Владеть навыками получения образцов магнитных материалов для проведения экспериментов | ПК-2 Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе |
| Владеть навыками самостоятельного формулирования и постановки задач исследования в области физики магнетизма | ПК-3 Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций |

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на лекционном и практических занятиях по прочитанной литературе. Аттестация по итогам освоения дисциплины – кандидатский экзамен по специальности.

Собеседование проходит в виде устной беседы для выявления у аспиранта знаний по предметной области.

**Примерные критерии оценивания ответа на экзамене:**

**5 баллов (отлично)** выставляется аспиранту, если он дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Аспирант без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок.

**4 балла (хорошо)**выставляется, если аспиранту, если он раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки.

**3 (удовлетворительно)** выставляется аспиранту, если при ответе на теоретические вопросы им допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Аспирант не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки.

**2 (неудовлетворительно)** выставляется аспиранту, если ответы на теоретические вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

**Программа кандидатского экзамена для направления – 03.06.01 Физика и астрономия (Направленность подготовки «Физика магнитных явлений»)**

1. **Общие понятия.**

Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный заряд. Магнитный диполь.

1. **Магнитные структуры и типы магнетиков.**

2.1. Упорядоченные магнитные структуры.

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

2.2.Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.

1. **Магнитные взаимодействия.**

Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.

1. **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”. Наведенная магнитная анизотропия.

1. **Магнитоупругие явления.**

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

1. **Кинетические явления.**

Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.

1. **Домены и доменные границы.**

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

1. **Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания.**

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

1. **Магнитные фазовые переходы и критические явления.**

Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.

1. **Спиновые волны.**

Ферромагнитный резонанс. Магнитостатические моды. Спиновые волны. Спин-волновой резонанс.

1. **Магнитооптика.**

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

1. **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.

1. **Магнитные материалы.**

Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой.

1. **Параметры магнитных материалов.**

Магнитные потери. Магнитные потери на гистерезис. Магнитные потери на вихревые токи. Магнитное сопротивление. Время и скорость перемагничивания. Коэффициент прямоугольности петли магнитного гистерезиса.

**4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Литература.

1. С.В.Вонсовский. Магнетизм.- М..: Наука. 1071. – 1032 с.

2. Г.С.Кринчик. Физика магнитных явлений. – М.: МГУ. 1985. – 335 с.

3. Е.С.Боровик, В.В.Еременко, А.С.Мильнер. Лекции по магнетизму. – М : ФИЗМАТЛИТ. 2005. – 510 с.

4. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.1.- М.: Мир. 1979. - 400 с.

5. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.2.- М.: Мир. 1979. - 424 с.

6. Ч. Китель. Введение в физику твердого тела. – М. : Наука. ГРФМЛ. 1978. - 791 с.

7. В.Ю.Ирхин, Ю.П.Ирхин. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d – f металлах и их соединениях . – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований - 2008. – 476 с.

8. В.С.Тикадзуми. Физика ферромагнетизма, Магнитные свойства вещества. – М.: Мир. 1983.-302 с.; Магнитные характеристики и практическое применение. – М.: Мир. 1987.- 420 с. 10

9. Дж.Пейк. Парамагнитный резонанс.- М.: Мир. 1963. – 280 с.

10. Ж. Винтер. Магнитный резонанс в металлах. – Мир. 1976. – 288 с.

11. В.С.Гречишкин. Ядерные квадрупольные резонансы в твердых телах. – М.:Наука. 1973. - 264 с.

12. И.Ахиезер, В.Г.Барьяхтар, С.В.Пелетминский. Спиновые волны. – М.: Наука. 1967.- 368

13. Ч. Сликтер. – Основы теории магнитного резонанса. – М. : Мир. 1981. – 448 с.

14. В.С.Шпинель. Резонанс гамма-лучей в кристаллах. – М.:Наука. 1969. - 408 с.

**5. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для успешного осуществления рабочей программы необходимы программа курса «Физика магнитных явлений», литература и методические указания; принтер и ксерокс для копирования учебных материалов и материалов тестов, мультимедийный класс. Институт располагает аудиториями, оснащенными современным оборудованием для проведения занятий лекционного типа и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы.

Есть аудитории с доступом к глобальной сети Интернет, в соответствии с объемом изучаемых дисциплин, каждый аспирант может быть обеспечен рабочим местом. Данные аудитории обеспечивают доступ в электронно-библиотечную систему (электронную библиотеку) института.

**1.1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Современные магнитные материалы»,**

**соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной**

**профессиональной образовательной программы**

*(с ориентацией на карты компетенций)*

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

|  |  |
| --- | --- |
| Результаты обучения | Формируемая компетенция (с указанием кода) |
| Знания | Знать современные представления о магнитных материалах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |
| Умения |  Уметь правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |

**2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Современные магнитые материалы» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на \_3 и 4\_ курсе.

Целью дисциплины является подготовка высококвалифицированного специалиста в области фундаментальной физики и физики магнитных явлений, математического моделирования физических объектов, явлений и процессов.

В результате аспирант приобретает умение ориентироваться в современной науке, приобщается к ее передовому краю, получает возможность соотнести собственные исследовательские интересы с актуальными задачами, стоящими перед современной наукой, сделать их частью научного поля.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения смежных дисциплин.

**3. Фонд оценочных средств по дисциплине**

**3.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы.**

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код и формулировка компетенции

**ОПК-1** Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных материалах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-1** Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных материалах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-2** Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных материалах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-3** - Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных материалах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**3.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Этапы освоения | Результаты обучения | Компетенция | Оценочные средства |
| 1-й этапЗнания | Знать современные представления о магнитных материалах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов |
| 2-й этапУмения | Уметь правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |
| 3-й этапВладеть навыками | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на лекционном и практических занятиях по прочитанной литературе. Аттестация по итогам освоения дисциплины – кандидатский экзамен по специальности.

Собеседование проходит в виде устной беседы для выявления у аспиранта знаний по предметной области.

**Примерные критерии оценивания ответа на экзамене:**

**5 баллов (отлично)** выставляется аспиранту, если он дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Аспирант без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок.

**4 балла (хорошо)**выставляется, если аспиранту, если он раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки.

**3 (удовлетворительно)** выставляется аспиранту, если при ответе на теоретические вопросы им допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Аспирант не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки.

**2 (неудовлетворительно)** выставляется аспиранту, если ответы на теоретические вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

**Программа кандидатского экзамена для направления – 03.06.01 Физика и астрономия (Направленность подготовки «Физика магнитных явлений»)**

1. **Общие понятия.**

Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный заряд. Магнитный диполь.

1. **Магнитные структуры и типы магнетиков.**

2.1. Упорядоченные магнитные структуры.

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

2.2.Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.

1. **Магнитные взаимодействия.**

Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.

1. **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”. Наведенная магнитная анизотропия.

1. **Магнитоупругие явления.**

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

1. **Кинетические явления.**

Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.

1. **Домены и доменные границы.**

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

1. **Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания.**

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

1. **Магнитные фазовые переходы и критические явления.**

Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.

1. **Спиновые волны.**

Ферромагнитный резонанс. Магнитостатические моды. Спиновые волны. Спин-волновой резонанс.

1. **Магнитооптика.**

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

1. **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.

1. **Магнитные материалы.**

Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой.

1. **Параметры магнитных материалов.**

Магнитные потери. Магнитные потери на гистерезис. Магнитные потери на вихревые токи. Магнитное сопротивление. Время и скорость перемагничивания. Коэффициент прямоугольности петли магнитного гистерезиса.

**4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Литература.

1. С.В.Вонсовский. Магнетизм.- М..: Наука. 1071. – 1032 с.

2. Г.С.Кринчик. Физика магнитных явлений. – М.: МГУ. 1985. – 335 с.

3. Е.С.Боровик, В.В.Еременко, А.С.Мильнер. Лекции по магнетизму. – М : ФИЗМАТЛИТ. 2005. – 510 с.

4. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.1.- М.: Мир. 1979. - 400 с.

5. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.2.- М.: Мир. 1979. - 424 с.

6. Ч. Китель. Введение в физику твердого тела. – М. : Наука. ГРФМЛ. 1978. - 791 с.

7. В.Ю.Ирхин, Ю.П.Ирхин. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d – f металлах и их соединениях . – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований - 2008. – 476 с.

8. В.С.Тикадзуми. Физика ферромагнетизма, Магнитные свойства вещества. – М.: Мир. 1983.-302 с.; Магнитные характеристики и практическое применение. – М.: Мир. 1987.- 420 с. 10

9. Дж.Пейк. Парамагнитный резонанс.- М.: Мир. 1963. – 280 с.

10. Ж. Винтер. Магнитный резонанс в металлах. – Мир. 1976. – 288 с.

11. В.С.Гречишкин. Ядерные квадрупольные резонансы в твердых телах. – М.:Наука. 1973. - 264 с.

12. И.Ахиезер, В.Г.Барьяхтар, С.В.Пелетминский. Спиновые волны. – М.: Наука. 1967.- 368

13. Ч. Сликтер. – Основы теории магнитного резонанса. – М. : Мир. 1981. – 448 с.

14. В.С.Шпинель. Резонанс гамма-лучей в кристаллах. – М.:Наука. 1969. - 408 с.

**5. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для успешного осуществления рабочей программы необходимы программа курса «Физика магнитных явлений», литература и методические указания; принтер и ксерокс для копирования учебных материалов и материалов тестов, мультимедийный класс. Институт располагает аудиториями, оснащенными современным оборудованием для проведения занятий лекционного типа и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы.

Есть аудитории с доступом к глобальной сети Интернет, в соответствии с объемом изучаемых дисциплин, каждый аспирант может быть обеспечен рабочим местом. Данные аудитории обеспечивают доступ в электронно-библиотечную систему (электронную библиотеку) института.

**1.1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Структура и движение доменных границ»,**

**соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной**

**профессиональной образовательной программы**

*(с ориентацией на карты компетенций)*

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

|  |  |
| --- | --- |
| Результаты обучения | Формируемая компетенция (с указанием кода) |
| Знания | Знать современную физику структуры и движения доменных границ | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |
| Умения |  Уметь правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Владеть стандартной терминологией, определениями, методами исследований | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |

**2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Структура и движение доменных границ» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на \_3 и 4\_ курсе.

Целью дисциплины является подготовка высококвалифицированного специалиста в области фундаментальной физики и физики магнитных явлений, математического моделирования физических объектов, явлений и процессов.

В результате аспирант приобретает умение ориентироваться в современной науке, приобщается к ее передовому краю, получает возможность соотнести собственные исследовательские интересы с актуальными задачами, стоящими перед современной наукой, сделать их частью научного поля.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения смежных дисциплин.

**3. Фонд оценочных средств по дисциплине**

**3.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы.**

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код и формулировка компетенции

**ОПК-1** Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современную физику структуры и движения доменных границ | Фрагментарноевладение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ  | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ | Успешное и систематическое владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-1** Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современную физику структуры и движения доменных границ | Фрагментарноевладение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ  | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ | Успешное и систематическое владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-2** Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современную физику структуры и движения доменных границ | Фрагментарноевладение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ  | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ | Успешное и систематическое владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-3** - Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современную физику структуры и движения доменных границ | Фрагментарноевладение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ  | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ | Успешное и систематическое владение знаниями современной физики структуры и движения доменных границ |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**3.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Этапы освоения | Результаты обучения | Компетенция | Оценочные средства |
| 1-й этапЗнания | Знать современную физику структуры и движения доменных границ | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов |
| 2-й этапУмения | Уметь правильно объяснять физические явления, вызванные фазовыми превращениями и дефектами кристаллического строения, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |
| 3-й этапВладеть навыками | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на лекционном и практических занятиях по прочитанной литературе. Аттестация по итогам освоения дисциплины – кандидатский экзамен по специальности.

Собеседование проходит в виде устной беседы для выявления у аспиранта знаний по предметной области.

**Примерные критерии оценивания ответа на экзамене:**

**5 баллов (отлично)** выставляется аспиранту, если он дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Аспирант без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок.

**4 балла (хорошо)**выставляется, если аспиранту, если он раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки.

**3 (удовлетворительно)** выставляется аспиранту, если при ответе на теоретические вопросы им допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Аспирант не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки.

**2 (неудовлетворительно)** выставляется аспиранту, если ответы на теоретические вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

**Программа кандидатского экзамена для направления – 03.06.01 Физика и астрономия (Направленность подготовки «Физика магнитных явлений»)**

1. **Общие понятия.**

Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный заряд. Магнитный диполь.

1. **Магнитные структуры и типы магнетиков.**

2.1. Упорядоченные магнитные структуры.

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

2.2.Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.

1. **Магнитные взаимодействия.**

Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.

1. **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”. Наведенная магнитная анизотропия.

1. **Магнитоупругие явления.**

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

1. **Кинетические явления.**

Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.

1. **Домены и доменные границы.**

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

1. **Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания.**

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

1. **Магнитные фазовые переходы и критические явления.**

Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.

1. **Спиновые волны.**

Ферромагнитный резонанс. Магнитостатические моды. Спиновые волны. Спин-волновой резонанс.

1. **Магнитооптика.**

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

1. **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.

1. **Магнитные материалы.**

Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой.

1. **Параметры магнитных материалов.**

Магнитные потери. Магнитные потери на гистерезис. Магнитные потери на вихревые токи. Магнитное сопротивление. Время и скорость перемагничивания. Коэффициент прямоугольности петли магнитного гистерезиса.

**4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Литература.

1. С.В.Вонсовский. Магнетизм.- М..: Наука. 1071. – 1032 с.

2. Г.С.Кринчик. Физика магнитных явлений. – М.: МГУ. 1985. – 335 с.

3. Е.С.Боровик, В.В.Еременко, А.С.Мильнер. Лекции по магнетизму. – М : ФИЗМАТЛИТ. 2005. – 510 с.

4. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.1.- М.: Мир. 1979. - 400 с.

5. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.2.- М.: Мир. 1979. - 424 с.

6. Ч. Китель. Введение в физику твердого тела. – М. : Наука. ГРФМЛ. 1978. - 791 с.

7. В.Ю.Ирхин, Ю.П.Ирхин. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d – f металлах и их соединениях . – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований - 2008. – 476 с.

8. В.С.Тикадзуми. Физика ферромагнетизма, Магнитные свойства вещества. – М.: Мир. 1983.-302 с.; Магнитные характеристики и практическое применение. – М.: Мир. 1987.- 420 с. 10

9. Дж.Пейк. Парамагнитный резонанс.- М.: Мир. 1963. – 280 с.

10. Ж. Винтер. Магнитный резонанс в металлах. – Мир. 1976. – 288 с.

11. В.С.Гречишкин. Ядерные квадрупольные резонансы в твердых телах. – М.:Наука. 1973. - 264 с.

12. И.Ахиезер, В.Г.Барьяхтар, С.В.Пелетминский. Спиновые волны. – М.: Наука. 1967.- 368

13. Ч. Сликтер. – Основы теории магнитного резонанса. – М. : Мир. 1981. – 448 с.

14. В.С.Шпинель. Резонанс гамма-лучей в кристаллах. – М.:Наука. 1969. - 408 с.

**5. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для успешного осуществления рабочей программы необходимы программа курса «Физика магнитных явлений», литература и методические указания; принтер и ксерокс для копирования учебных материалов и материалов тестов, мультимедийный класс. Институт располагает аудиториями, оснащенными современным оборудованием для проведения занятий лекционного типа и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы.

Есть аудитории с доступом к глобальной сети Интернет, в соответствии с объемом изучаемых дисциплин, каждый аспирант может быть обеспечен рабочим местом. Данные аудитории обеспечивают доступ в электронно-библиотечную систему (электронную библиотеку) института.

**1.1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Магнитные материалы и процессы перемагничивания»,**

**соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной**

**профессиональной образовательной программы**

*(с ориентацией на карты компетенций)*

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

|  |  |
| --- | --- |
| Результаты обучения | Формируемая компетенция (с указанием кода) |
| Знания | Знать современные представления о магнитных материалах и процессах перемагничивания, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |
| Умения |  Уметь правильно выбрать область применения магнитных материалов и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Владеть стандартной терминологией, определениями, методами исследований | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |

**2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Магнитные материалы и процессы перемагничивания» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на \_3 и 4\_ курсе.

Целью дисциплины является подготовка высококвалифицированного специалиста в области фундаментальной физики и физики магнитных явлений, математического моделирования физических объектов, явлений и процессов.

В результате аспирант приобретает умение ориентироваться в современной науке, приобщается к ее передовому краю, получает возможность соотнести собственные исследовательские интересы с актуальными задачами, стоящими перед современной наукой, сделать их частью научного поля.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения смежных дисциплин.

**3. Фонд оценочных средств по дисциплине**

**3.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы.**

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код и формулировка компетенции

**ОПК-1** Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных материалах, процессах перемагничивания, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-1** Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных материалах, процессах перемагничивания, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-2** Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных материалах, процессах перемагничивания, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-3** - Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных материалах, процессах перемагничивания, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями современных представлений о магнитных материалах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**3.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Этапы освоения | Результаты обучения | Компетенция | Оценочные средства |
| 1-й этапЗнания | Знать современные представления о магнитных материалах, процессах перемагничивания, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов |
| 2-й этапУмения | Уметь правильно выбрать область применения магнитных материалов и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |
| 3-й этапВладеть навыками | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на лекционном и практических занятиях по прочитанной литературе. Аттестация по итогам освоения дисциплины – кандидатский экзамен по специальности.

Собеседование проходит в виде устной беседы для выявления у аспиранта знаний по предметной области.

**Примерные критерии оценивания ответа на экзамене:**

**5 баллов (отлично)** выставляется аспиранту, если он дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Аспирант без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок.

**4 балла (хорошо)**выставляется, если аспиранту, если он раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки.

**3 (удовлетворительно)** выставляется аспиранту, если при ответе на теоретические вопросы им допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Аспирант не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки.

**2 (неудовлетворительно)** выставляется аспиранту, если ответы на теоретические вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

**Программа кандидатского экзамена для направления – 03.06.01 Физика и астрономия (Направленность подготовки «Физика магнитных явлений»)**

1. **Общие понятия.**

Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный заряд. Магнитный диполь.

1. **Магнитные структуры и типы магнетиков.**

2.1. Упорядоченные магнитные структуры.

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

2.2.Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.

1. **Магнитные взаимодействия.**

Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.

1. **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”. Наведенная магнитная анизотропия.

1. **Магнитоупругие явления.**

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

1. **Кинетические явления.**

Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.

1. **Домены и доменные границы.**

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

1. **Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания.**

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

1. **Магнитные фазовые переходы и критические явления.**

Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.

1. **Спиновые волны.**

Ферромагнитный резонанс. Магнитостатические моды. Спиновые волны. Спин-волновой резонанс.

1. **Магнитооптика.**

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

1. **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.

1. **Магнитные материалы.**

Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой.

1. **Параметры магнитных материалов.**

Магнитные потери. Магнитные потери на гистерезис. Магнитные потери на вихревые токи. Магнитное сопротивление. Время и скорость перемагничивания. Коэффициент прямоугольности петли магнитного гистерезиса.

**4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Литература.

1. С.В.Вонсовский. Магнетизм.- М..: Наука. 1071. – 1032 с.

2. Г.С.Кринчик. Физика магнитных явлений. – М.: МГУ. 1985. – 335 с.

3. Е.С.Боровик, В.В.Еременко, А.С.Мильнер. Лекции по магнетизму. – М : ФИЗМАТЛИТ. 2005. – 510 с.

4. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.1.- М.: Мир. 1979. - 400 с.

5. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.2.- М.: Мир. 1979. - 424 с.

6. Ч. Китель. Введение в физику твердого тела. – М. : Наука. ГРФМЛ. 1978. - 791 с.

7. В.Ю.Ирхин, Ю.П.Ирхин. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d – f металлах и их соединениях . – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований - 2008. – 476 с.

8. В.С.Тикадзуми. Физика ферромагнетизма, Магнитные свойства вещества. – М.: Мир. 1983.-302 с.; Магнитные характеристики и практическое применение. – М.: Мир. 1987.- 420 с. 10

9. Дж.Пейк. Парамагнитный резонанс.- М.: Мир. 1963. – 280 с.

10. Ж. Винтер. Магнитный резонанс в металлах. – Мир. 1976. – 288 с.

11. В.С.Гречишкин. Ядерные квадрупольные резонансы в твердых телах. – М.:Наука. 1973. - 264 с.

12. И.Ахиезер, В.Г.Барьяхтар, С.В.Пелетминский. Спиновые волны. – М.: Наука. 1967.- 368

13. Ч. Сликтер. – Основы теории магнитного резонанса. – М. : Мир. 1981. – 448 с.

14. В.С.Шпинель. Резонанс гамма-лучей в кристаллах. – М.:Наука. 1969. - 408 с.

**5. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для успешного осуществления рабочей программы необходимы программа курса «Физика магнитных явлений», литература и методические указания; принтер и ксерокс для копирования учебных материалов и материалов тестов, мультимедийный класс. Институт располагает аудиториями, оснащенными современным оборудованием для проведения занятий лекционного типа и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы.

Есть аудитории с доступом к глобальной сети Интернет, в соответствии с объемом изучаемых дисциплин, каждый аспирант может быть обеспечен рабочим местом. Данные аудитории обеспечивают доступ в электронно-библиотечную систему (электронную библиотеку) института.

**1.1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Магнитные фазовые переходы,**

**соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной**

**профессиональной образовательной программы**

*(с ориентацией на карты компетенций)*

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

|  |  |
| --- | --- |
| Результаты обучения | Формируемая компетенция (с указанием кода) |
| Знания | Знать современные представления о магнитных фазовых переходах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |
| Умения |  Уметь правильно выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Владеть стандартной терминологией, определениями, методами исследований | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |

**2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Магнитные фазовые переходы» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на \_3 и 4\_ курсе.

Целью дисциплины является подготовка высококвалифицированного специалиста в области фундаментальной физики и физики магнитных явлений, математического моделирования физических объектов, явлений и процессов.

В результате аспирант приобретает умение ориентироваться в современной науке, приобщается к ее передовому краю, получает возможность соотнести собственные исследовательские интересы с актуальными задачами, стоящими перед современной наукой, сделать их частью научного поля.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения смежных дисциплин.

**3. Фонд оценочных средств по дисциплине**

**3.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы.**

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код и формулировка компетенции

**ОПК-1** Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных фазовых переходах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-1** Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных фазовых переходах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-2** Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных фазовых переходах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-3** - Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о магнитных фазовых переходах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**3.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Этапы освоения | Результаты обучения | Компетенция | Оценочные средства |
| 1-й этапЗнания | Знать современные представления о магнитных фазовых переходах, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов |
| 2-й этапУмения | Уметь правильно выбрать область применения материалов с магнитными фазовыми переходами и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |
| 3-й этапВладеть навыками | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на лекционном и практических занятиях по прочитанной литературе. Аттестация по итогам освоения дисциплины – кандидатский экзамен по специальности.

Собеседование проходит в виде устной беседы для выявления у аспиранта знаний по предметной области.

**Примерные критерии оценивания ответа на экзамене:**

**5 баллов (отлично)** выставляется аспиранту, если он дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Аспирант без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок.

**4 балла (хорошо)**выставляется, если аспиранту, если он раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки.

**3 (удовлетворительно)** выставляется аспиранту, если при ответе на теоретические вопросы им допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Аспирант не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки.

**2 (неудовлетворительно)** выставляется аспиранту, если ответы на теоретические вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

**Программа кандидатского экзамена для направления – 03.06.01 Физика и астрономия (Направленность подготовки «Физика магнитных явлений»)**

1. **Общие понятия.**

Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный заряд. Магнитный диполь.

1. **Магнитные структуры и типы магнетиков.**

2.1. Упорядоченные магнитные структуры.

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

2.2.Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.

1. **Магнитные взаимодействия.**

Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.

1. **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”. Наведенная магнитная анизотропия.

1. **Магнитоупругие явления.**

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

1. **Кинетические явления.**

Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.

1. **Домены и доменные границы.**

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

1. **Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания.**

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

1. **Магнитные фазовые переходы и критические явления.**

Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.

1. **Спиновые волны.**

Ферромагнитный резонанс. Магнитостатические моды. Спиновые волны. Спин-волновой резонанс.

1. **Магнитооптика.**

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

1. **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.

1. **Магнитные материалы.**

Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой.

1. **Параметры магнитных материалов.**

Магнитные потери. Магнитные потери на гистерезис. Магнитные потери на вихревые токи. Магнитное сопротивление. Время и скорость перемагничивания. Коэффициент прямоугольности петли магнитного гистерезиса.

**4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Литература.

1. С.В.Вонсовский. Магнетизм.- М..: Наука. 1071. – 1032 с.

2. Г.С.Кринчик. Физика магнитных явлений. – М.: МГУ. 1985. – 335 с.

3. Е.С.Боровик, В.В.Еременко, А.С.Мильнер. Лекции по магнетизму. – М : ФИЗМАТЛИТ. 2005. – 510 с.

4. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.1.- М.: Мир. 1979. - 400 с.

5. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.2.- М.: Мир. 1979. - 424 с.

6. Ч. Китель. Введение в физику твердого тела. – М. : Наука. ГРФМЛ. 1978. - 791 с.

7. В.Ю.Ирхин, Ю.П.Ирхин. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d – f металлах и их соединениях . – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований - 2008. – 476 с.

8. В.С.Тикадзуми. Физика ферромагнетизма, Магнитные свойства вещества. – М.: Мир. 1983.-302 с.; Магнитные характеристики и практическое применение. – М.: Мир. 1987.- 420 с. 10

9. Дж.Пейк. Парамагнитный резонанс.- М.: Мир. 1963. – 280 с.

10. Ж. Винтер. Магнитный резонанс в металлах. – Мир. 1976. – 288 с.

11. В.С.Гречишкин. Ядерные квадрупольные резонансы в твердых телах. – М.:Наука. 1973. - 264 с.

12. И.Ахиезер, В.Г.Барьяхтар, С.В.Пелетминский. Спиновые волны. – М.: Наука. 1967.- 368

13. Ч. Сликтер. – Основы теории магнитного резонанса. – М. : Мир. 1981. – 448 с.

14. В.С.Шпинель. Резонанс гамма-лучей в кристаллах. – М.:Наука. 1969. - 408 с.

**5. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для успешного осуществления рабочей программы необходимы программа курса «Физика магнитных явлений», литература и методические указания; принтер и ксерокс для копирования учебных материалов и материалов тестов, мультимедийный класс. Институт располагает аудиториями, оснащенными современным оборудованием для проведения занятий лекционного типа и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы.

Есть аудитории с доступом к глобальной сети Интернет, в соответствии с объемом изучаемых дисциплин, каждый аспирант может быть обеспечен рабочим местом. Данные аудитории обеспечивают доступ в электронно-библиотечную систему (электронную библиотеку) института.

**1.1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Кинетические эффекты в магнетиках,**

**соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной**

**профессиональной образовательной программы**

*(с ориентацией на карты компетенций)*

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

|  |  |
| --- | --- |
| Результаты обучения | Формируемая компетенция (с указанием кода) |
| Знания | Знать современные представления о кинетических эффектах в магнетиках, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |
| Умения |  Уметь правильно выбрать область применения кинетических эффектов в магнетиках и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Владеть стандартной терминологией, определениями, методами исследований | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий);ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов);ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе);ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) |

**2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Кинетические эффекты в магнетиках» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на \_3 и 4\_ курсе.

Целью дисциплины является подготовка высококвалифицированного специалиста в области фундаментальной физики и физики магнитных явлений, математического моделирования физических объектов, явлений и процессов.

В результате аспирант приобретает умение ориентироваться в современной науке, приобщается к ее передовому краю, получает возможность соотнести собственные исследовательские интересы с актуальными задачами, стоящими перед современной наукой, сделать их частью научного поля.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения смежных дисциплин.

**3. Фонд оценочных средств по дисциплине**

**3.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы.**

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код и формулировка компетенции

**ОПК-1** Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о кинетических эффектах в магнетиках, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно выбрать область применения кинетических эффектов в магнетиках и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-1** Способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о кинетических эффектах в магнетиках, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно выбрать область применения кинетических эффектов в магнетиках и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-2** Готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о кинетических эффектах в магнетиках, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно выбрать область применения кинетических эффектов в магнетиках и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**ПК-3** - Способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения |
| 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (Пороговый уровень) | Знать современные представления о кинетических эффектах в магнетиках, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | Фрагментарноевладение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но не систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования | Успешное и систематическое владение знаниями о магнитных фазовых переходах, базисных физических концепций, теоретических моделей и методов исследования |
| Второй этап (Базовый уровень) | Уметь правильно и разумно выбрать область применения кинетических эффектов в магнетиках и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Фрагментарноевладение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но не систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты | Успешное и систематическое владение способностью выбрать область применения магнитных материалов с фазовыми переходами и их исследований, правильноинтерпретировать экспериментальные результаты |
| Третий этап (Повышенный уровень) | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Фрагментарноевладение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но не систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | Успешное и систематическое владение стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов |

**3.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Этапы освоения | Результаты обучения | Компетенция | Оценочные средства |
| 1-й этапЗнания | Знать современные представления о кинетических эффектах в магнетиках, базисные физические концепции, теоретические модели и методы исследования | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов |
| 2-й этапУмения | Уметь правильно выбрать область применения кинетических эффектов в магнетиках и методов их исследования, правильно интерпретировать экспериментальные результаты | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |
| 3-й этапВладеть навыками | Владеть стандартной терминологией, определениями и методами исследования современных магнитных материалов | ОПК-1 (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)ПК-1 (способность к самостоятельной разработке экспериментальных и теоретических методик изучения структуры, механических характеристик и физических свойств металлов и сплавов)ПК-2 (готовность использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики магнитных явлений при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе)ПК-3 (способность формулировать перспективные задачи исследования в области физики магнитных явлений с целью разработки новых материалов, методов их обработки, физических приборов, систем и конструкций) | изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов, решение задач |

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на лекционном и практических занятиях по прочитанной литературе. Аттестация по итогам освоения дисциплины – кандидатский экзамен по специальности.

Собеседование проходит в виде устной беседы для выявления у аспиранта знаний по предметной области.

**Примерные критерии оценивания ответа на экзамене:**

**5 баллов (отлично)** выставляется аспиранту, если он дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Аспирант без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок.

**4 балла (хорошо)**выставляется, если аспиранту, если он раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки.

**3 (удовлетворительно)** выставляется аспиранту, если при ответе на теоретические вопросы им допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Аспирант не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки.

**2 (неудовлетворительно)** выставляется аспиранту, если ответы на теоретические вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

**Программа кандидатского экзамена для направления – 03.06.01 Физика и астрономия (Направленность подготовки «Физика магнитных явлений»)**

1. **Общие понятия.**

Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный заряд. Магнитный диполь.

1. **Магнитные структуры и типы магнетиков.**

2.1. Упорядоченные магнитные структуры.

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

2.2.Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.

1. **Магнитные взаимодействия.**

Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.

1. **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”. Наведенная магнитная анизотропия.

1. **Магнитоупругие явления.**

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

1. **Кинетические явления.**

Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.

1. **Домены и доменные границы.**

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

1. **Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания.**

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

1. **Магнитные фазовые переходы и критические явления.**

Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.

1. **Спиновые волны.**

Ферромагнитный резонанс. Магнитостатические моды. Спиновые волны. Спин-волновой резонанс.

1. **Магнитооптика.**

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

1. **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.

1. **Магнитные материалы.**

Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой.

1. **Параметры магнитных материалов.**

Магнитные потери. Магнитные потери на гистерезис. Магнитные потери на вихревые токи. Магнитное сопротивление. Время и скорость перемагничивания. Коэффициент прямоугольности петли магнитного гистерезиса.

**4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Литература.

1. С.В.Вонсовский. Магнетизм.- М..: Наука. 1071. – 1032 с.

2. Г.С.Кринчик. Физика магнитных явлений. – М.: МГУ. 1985. – 335 с.

3. Е.С.Боровик, В.В.Еременко, А.С.Мильнер. Лекции по магнетизму. – М : ФИЗМАТЛИТ. 2005. – 510 с.

4. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.1.- М.: Мир. 1979. - 400 с.

5. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.2.- М.: Мир. 1979. - 424 с.

6. Ч. Китель. Введение в физику твердого тела. – М. : Наука. ГРФМЛ. 1978. - 791 с.

7. В.Ю.Ирхин, Ю.П.Ирхин. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d – f металлах и их соединениях . – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований - 2008. – 476 с.

8. В.С.Тикадзуми. Физика ферромагнетизма, Магнитные свойства вещества. – М.: Мир. 1983.-302 с.; Магнитные характеристики и практическое применение. – М.: Мир. 1987.- 420 с. 10

9. Дж.Пейк. Парамагнитный резонанс.- М.: Мир. 1963. – 280 с.

10. Ж. Винтер. Магнитный резонанс в металлах. – Мир. 1976. – 288 с.

11. В.С.Гречишкин. Ядерные квадрупольные резонансы в твердых телах. – М.:Наука. 1973. - 264 с.

12. И.Ахиезер, В.Г.Барьяхтар, С.В.Пелетминский. Спиновые волны. – М.: Наука. 1967.- 368

13. Ч. Сликтер. – Основы теории магнитного резонанса. – М. : Мир. 1981. – 448 с.

14. В.С.Шпинель. Резонанс гамма-лучей в кристаллах. – М.:Наука. 1969. - 408 с.

**5. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для успешного осуществления рабочей программы необходимы программа курса «Физика магнитных явлений», литература и методические указания; принтер и ксерокс для копирования учебных материалов и материалов тестов, мультимедийный класс. Институт располагает аудиториями, оснащенными современным оборудованием для проведения занятий лекционного типа и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы.

Есть аудитории с доступом к глобальной сети Интернет, в соответствии с объемом изучаемых дисциплин, каждый аспирант может быть обеспечен рабочим местом. Данные аудитории обеспечивают доступ в электронно-библиотечную систему (электронную библиотеку) института.