

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра физики фазовых переходов

**Авторы-составители: Захлевных Александр Николаевич
Поперечный Игорь Сергеевич
Макаров Дмитрий Владимирович**

**Рабочая программа дисциплины
КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ МАГНЕТИЗМА
Код УМК 85283**

Утверждено
Протокол №10
от «24» мая 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Квантовая теория магнетизма

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.04.01** Прикладные математика и физика
направленность Прикладные математика и физика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Квантовая теория магнетизма** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.04.01 Прикладные математика и физика (направленность : Прикладные математика и физика)

ОПК.1 Способен применять фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности

Индикаторы

ОПК.1.1 Применяет фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности

ПК.1 Способен ставить и решать научные задачи, проводить самостоятельные исследования и получать новые научные результаты

Индикаторы

ПК.1.1 Находит, анализирует и обобщает информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности

4. Объем и содержание дисциплины

| | |
|---|--|
| Направления подготовки | 03.04.01 Прикладные математика и физика (направленность: Прикладные математика и физика) |
| форма обучения | очная |
| №№ триместров, выделенных для изучения дисциплины | 2 |
| Объем дисциплины (з.е.) | 4 |
| Объем дисциплины (ак.час.) | 144 |
| Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе: | 48 |
| Проведение лекционных занятий | 24 |
| Проведение практических занятий, семинаров | 24 |
| Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку | 0 |
| Самостоятельная работа (ак.час.) | 96 |
| Формы текущего контроля | Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2) |
| Формы промежуточной аттестации | Экзамен (2 триместр) |

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Квантовая теория магнетизма

Рассматриваются методы и подходы квантовой теории магнетизма.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

1. ЧАСТИЦА В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

- 1.1. Динамические переменные свободной частицы
- 1.2. Динамические переменные частицы в электромагнитном поле
- 1.3. Уравнения движения частицы в электромагнитном поле
- 1.4. Теорема Бора – ван Левен

2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УРОВНИ ЧАСТИЦЫ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

- 2.1. Уровни энергии свободной частицы
- 2.2. Уровни энергии частицы в магнитном поле

3. ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

- 3.1. Термодинамический потенциал электронного газа
- 3.2. Магнитная восприимчивость электронного газа
- 3.3. Низкотемпературная восприимчивость. Диамагнетизм Ландау
- 3.4. Эффект де Газа – ван Альфвена.
- 3.5. Высокотемпературная восприимчивость
- 3.6. Спин электрона.
- 3.7. Парамагнетизм Паули

СИСТЕМЫ СЛАБОВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ АТОМОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

4. АТОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

- 4.1. Гамильтониан атома в магнитном поле.
- 4.2. Уровни энергии атома в магнитном поле
- 4.3. Магнитный момент атома и иона.

5. СИСТЕМЫ СЛАБОВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ АТОМОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

- 5.1. Восприимчивость системы слабозадействующих атомов
- 5.2. Диамагнетизм систем невзаимодействующих атомов или ионов.
- 5.3. Парамагнетизм систем невзаимодействующих атомов или ионов.
- 5.4. Случай широких и нормальных мультиплетов
- 5.5. Случай слабой спин-орбитальной связи
- 5.6. Случай сильного поля

ГЕЙЗЕНБЕРГОВСКИЙ ФЕРРОМАГНЕТИК

6. ГАЙЗЕНБЕРГОВСКИЙ ФЕРРОМАГНЕТИК

- 6.1. Обменное взаимодействие. Модель Гейзенберга.
- 6.2. Приближение среднего поля
- 6.3. Уравнения самосогласования. Температура Кюри. Закон Кюри-Вейсса. Температурная зависимость намагниченности
- 6.4. Температурная зависимость теплоемкости
- 6.5. Приближение спиновых волн.
- 6.6. Намагниченность гайзенберговского ферромагнетика в приближении спиновых волн. Закон Блоха.
- 6.7. Температурная зависимость теплоемкости ферромагнетика в приближении спиновых волн

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Боков В. А. Физика магнетиков: учебное пособие для вузов/В. А. Боков.-Санкт-Петербург: Невский Диалект, 2002, ISBN 5-7940-0118-6.-272.-Библиогр.: с. 269-271
2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория)/Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. -5-е изд., стер..-Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004, ISBN 5-9221-0530-2.-800
3. Овсюк Е. М. Квантовая механика частиц со спином в магнитном поле/Овсюк Е. М..- Минск: Белорусская наука, 2017, ISBN 978-985-08-2132-4.-510. <http://www.iprbookshop.ru/74074.html>

Дополнительная:

1. Ефремов, Ю. С. Квантовая механика : учебное пособие для вузов / Ю. С. Ефремов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 458 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-04975-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/438848>
2. Мейлихов Е. З. Магнетизм. Основы теории: [учебное пособие]/Е. З. Мейлихов.- Долгопрудный: Интеллект, 2014, ISBN 978-5-91559-155-3.-184.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://www.nature.com/search?q=magnetism&journal=ncomms> Журнал открытого доступа "Nature Communications". Статьи по магнетизму.

<https://elibrary.ru> Журнал "Физика металлов и металловедение"

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Квантовая теория магнетизма** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательной среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- 1) офисный пакет приложений (текстовый процессор, программа для подготовки электронных презентаций);
 - 2) программа демонстрации видеоматериалов (проигрыватель);
 - 3) приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов.
- Дисциплина не предусматривает использование специального программного обеспечения.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Для проведения лекционных занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
2. Для проведения занятий семинарского типа (семинары, практические занятия) - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
3. Для проведения групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
4. Для проведения мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
5. Для самостоятельной работы - аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную

информационно-образовательную среду университета.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Квантовая теория магнетизма**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.1

Способен применять фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности

| Индикатор | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|---|--|--|
| <p>ОПК.1.1 Применяет фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности</p> | <p>ЗНАТЬ: фундаментальные противоречия между классической теорией магнетизма и экспериментальными данными и способы разрешения этих противоречий в квантовой теории. УМЕТЬ: применять метод вторичного квантования для описания магнитных свойств ферромагнетиков в области температур, существенно ниже температуры Кюри. ВЛАДЕТЬ: навыками расчёта зависимости магнитных характеристик вырожденных и невырожденных идеальных газов от величины приложенного поля.</p> | <p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает фундаментальные противоречия между классической теорией магнетизма и экспериментальными данными и способы разрешения этих противоречий в квантовой теории. Не умеет применять метод вторичного квантования для описания магнитных свойств ферромагнетиков в области температур, существенно ниже температуры Кюри. Не владеет навыками расчёта зависимости магнитных характеристик вырожденных и невырожденных идеальных газов от величины приложенного поля.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание фундаментальных противоречий между классической теорией магнетизма и экспериментальными данными и способов разрешения этих противоречий в квантовой теории. Демонстрирует частично сформированное умение применять метод вторичного квантования для описания магнитных свойств ферромагнетиков в области температур, существенно ниже температуры Кюри. Демонстрирует частично сформированное владение навыками расчёта зависимости магнитных характеристик вырожденных и невырожденных идеальных газов от величины приложенного поля.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Демонстрирует сформированное, но</p> |

| Индикатор | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|-----------|---------------------------------|--|
| | | <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>содержащее отдельные пробелы знание фундаментальных противоречий между классической теорией магнетизма и экспериментальными данными и способы разрешения этих противоречий в квантовой теории. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение применять метод вторичного квантования для описания магнитных свойств ферромагнетиков в области температур, существенно ниже температуры Кюри. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками расчёта зависимости магнитных характеристик вырожденных и невырожденных идеальных газов от величины приложенного поля.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает фундаментальные противоречия между классической теорией магнетизма и экспериментальными данными и способы разрешения этих противоречий в квантовой теории. Умеет применять метод вторичного квантования для описания магнитных свойств ферромагнетиков в области температур, существенно ниже температуры Кюри. Владеет навыками расчёта зависимости магнитных характеристик вырожденных и невырожденных идеальных газов от величины приложенного поля.</p> |

ПК.1

Способен ставить и решать научные задачи, проводить самостоятельные исследования и получать новые научные результаты

| Индикатор | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|---|--|--|
| ПК.1.1 Находит, анализирует и обобщает информацию об актуальных | ЗНАТЬ: основные методы расчёта статической магнитной восприимчивости | <p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> Не знает основные методы расчёта статической магнитной восприимчивости вырожденных статистических систем. |

| Индикатор | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|---|--|---|
| <p>результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности</p> | <p>вырожденных статистических систем. УМЕТЬ: находить и интерпретировать данные, посвященные влиянию магнитного поля на энергетический спектр изолированных атомов. ВЛАДЕТЬ: навыками анализа информации о современных исследованиях спиновых возбуждений в ферромагнетиках.</p> | <p>Неудовлетворител Не умеет находить и интерпретировать данные, посвященные влиянию магнитного поля на энергетический спектр изолированных атомов. Не владеет навыками анализа информации о современных исследованиях спиновых возбуждений в ферромагнетиках.</p> <p>Удовлетворительн Демонстрирует частично сформированное знание основных методов расчёта статической магнитной восприимчивости вырожденных статистических систем. Демонстрирует частично сформированное умение находить и интерпретировать данные, посвященные влиянию магнитного поля на энергетический спектр изолированных атомов. Демонстрирует частично сформированное владение навыками анализа информации о современных исследованиях спиновых возбуждений в ферромагнетиках.</p> <p>Хорошо Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание основных методов расчёта статической магнитной восприимчивости вырожденных статистических систем. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение находить и интерпретировать данные, посвященные влиянию магнитного поля на энергетический спектр изолированных атомов. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками анализа информации о современных исследованиях спиновых возбуждений в ферромагнетиках. .</p> <p>Отлично Знает основные методы расчёта статической магнитной восприимчивости вырожденных статистических систем. Умеет находить и интерпретировать данные, посвященные влиянию магнитного поля на</p> |

| Индикатор | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|------------------|--|--|
| | | <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>энергетический спектр изолированных атомов. Владеет навыками анализа информации о современных исследованиях спиновых возбуждений в ферромагнетиках.</p> |

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|---|--|---|
| ПК.1.1 Находит, анализирует и обобщает информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности ОПК.1.1 Применяет фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности | ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ Письменное контрольное мероприятие | 1. ЧАСТИЦА В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ1.1 Динамические переменные свободной частицы 1.2. Динамические переменные частицы в электромагнитном поле1.3. Уравнения движения частицы в электромагнитном поле1.4. Теорема Бора – ван Левен2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УРОВНИ ЧАСТИЦЫ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ2.1. Уровни энергии свободной частицы2.2. Уровни энергии частицы в магнитном поле3. ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ3.1. Термодинамический потенциал электронного газа3.2. Магнитная восприимчивость электронного газа3.3. Низкотемпературная восприимчивость. Диамагнетизм Ландау3.4. Спин электрона. 3.5. Парамагнетизм Паули |

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|--|---|
| <p>ПК.1.1 Находит, анализирует и обобщает информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.1.1 Применяет фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности</p> | <p>СИСТЕМЫ СЛАБОВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ АТОМОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ Письменное контрольное мероприятие</p> | <p>4. АТОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ 4.1. Гамильтониан атома в магнитном поле. 4.2. Уровни энергии атома в магнитном поле 4.3. Магнитный момент атома и иона. 5. СИСТЕМЫ СЛАБОВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ АТОМОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ 5.1. Восприимчивость системы слабозаимодействующих атомов 5.2. Диамагнетизм систем невзаимодействующих атомов или ионов. 5.3. Парамагнетизм систем невзаимодействующих атомов или ионов. 5.4. Случай широких и нормальных мультиплетов 5.5. Случай слабой спин-орбитальной связи 5.6. Случай сильного поля</p> |
| <p>ПК.1.1 Находит, анализирует и обобщает информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.1.1 Применяет фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности</p> | <p>ГЕЙЗЕНБЕРГОВСКИЙ ФЕРРОМАГНЕТИК Итоговое контрольное мероприятие</p> | <p>6. ГАЙЗЕНБЕРГОВСКИЙ ФЕРРОМАГНЕТИК 6.1. Обменное взаимодействие. Модель Гейзенберга. 6.2. Приближение среднего поля 6.3. Уравнения самосогласования. Температура Кюри. Закон Кюри-Вейсса. Температурная зависимость намагниченности 6.4. Температурная зависимость теплоемкости 6.5. Приближение спиновых волн. 6.6. Намагниченность гайзенберговского ферромагнетика в приближении спиновых волн. Закон Блоха. 6.7. Температурная зависимость теплоемкости ферромагнетика в приближении спиновых волн</p> |

Спецификация мероприятий текущего контроля

ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|--------------|
| Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - от 1 до 4 баллов в зависимости от сложности задания; неверный ответ - 0 баллов. Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку. | 8 |

СИСТЕМЫ СЛАБОВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ АТОМОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|--------------|
| Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - от 1 до 4 баллов в зависимости от сложности задания; неверный ответ - 0 баллов. Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку. | 8 |

ГЕЙЗЕНБЕРГОВСКИЙ ФЕРРОМАГНЕТИК

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|--------------|
| Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - от 1 до 4 баллов в зависимости от сложности задания; неверный ответ - 0 баллов. Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (40%) контрольного мероприятия в итоговую оценку. | 8 |