

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

**Методические указания по выполнению
практических занятий**

Направление подготовки 03.03.02 Физика
Направленность (профиль)
«Фундаментальная и прикладная физика»

**Ставрополь
2026**

Содержание

Введение	3
Тема 1. Магнитное поле токов.	6
Тема 2. Вектор-потенциал магнитного поля.....	8
Тема 3. Силы взаимодействия токов с магнитным полем.....	9
Тема 4. Магнитное поле в веществе.	11
Тема 5. Парамагнетизм и диамагнетизм.....	12
Тема 6. Электромагнитная индукция.	13
Тема 7. Вихревое электрическое поле.	14
Тема 8. Электромагнитные волны.....	16

Введение

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов последовательных, систематических представлений о теории магнитных явлений. Главной задачей дисциплины является создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем было бы возможным более углубленное и детальное изучение этого физики магнитных явлений. Кроме того, одной из задач освоения курса является научить студента применять полученные знания для объяснения магнитных явлений и процессов и владеть научными методами решения задач в области магнетизма. Вместе с тем, он играет не только пропедевтическую роль в системе подготовки специалистов в области физики магнитных явлений, но и должен внести самостоятельный вклад, на основе которого в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение разделов физики конденсированного состояния.

1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате изучения дисциплины.

1.1 Наименование компетенции

Индекс	Формулировка:
ПК-1	способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-4	способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

1.2 Структура и компонентный состав компетенции

Перечень компонентов	Технологии формирования компетенции	Средства и технологии оценки
Знает: -теоретические основы методов изучения магнитных свойств магнитных наноматериалов, - основные магнитные и электрические свойства. — -испытания магнитных наноматериалов в постоянном магнитном поле.	Лекции Самостоятельная работа	Собеседование,
Умеет: -выбирать конкретные методы исследования магнитных свойств наноматериалов на основе анализа природы исследуемых объектов.	Лекции Самостоятельная работа	Собеседование,

-измерять остаточную намагниченность и коэрцитивную силу с помощью вибрационного магнетометра и баллистического метода.		
Владеет: - научными методами исследования физических явлений в области магнетизма, навыками проведения физического эксперимента и обработки результатов магнитных измерений	Лекции Самостоятельная работа	Собеседование,

2. Наименование, содержание и интерактивные формы проведения практических (семинарских) занятий

№	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Использование интерактивных форм
1	Магнитное поле токов. Силы, действующие в магнитном поле на токи. Напряженность магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Взаимодействие элементов тока. Линейные токи и токи конечного сечения.	Практическое занятие
2	Вектор-потенциал магнитного поля. Интегральные и дифференциальные уравнения для вектора-потенциала. Дифференциальные уравнения магнитного поля. Циркуляция напряженности магнитного поля.	Практическое занятие
3	Силы взаимодействия токов с магнитным полем. Пондеромоторные силы, испытываемые в магнитном поле замкнутым током. Потенциальная функция тока во внешнем магнитном поле. Пондеромоторное взаимодействие токов. Коэффициент взаимной индукции. Коэффициент самоиндукции. Полная потенциальная функция системы токов.	Практическое занятие
5	Топология магнитного поля. Магнитные силовые линии. Топология вихревого (магнитного поля). Условные перегородки. Магнитные листки. Эквивалентность их токам. Магнитный момент тока. Элементарные токи и магнитные диполи. Определение поля элементарных токов и сил, ими испытываемых.	Практическое занятие
6	Магнитное поле в веществе. Намагничивание магнетиков. Молекулярные токи и токи проводимости. Векторный потенциал магнитного поля при наличии магнетиков. Средняя плотность объемных и поверхностных молекулярных токов.	Практическое занятие
	Уравнения макроскопического магнитного поля в магнетиках. Дифференциальные уравнения макроскопического магнитного поля в магнетиках. Напряженность магнитного поля в магнетиках и вектор	Практическое занятие

7	магнитной индукции. Полная система уравнений поля постоянных токов в однородной магнитной среде.	
8	Силы магнитного поля в однородных магнетиках. Механические силы, испытываемые током в магнитном поле в однородной магнитной среде. Взаимодействие токов. Пондеромоторные силы, испытываемые магнетиками в магнитном поле.	Практическое занятие
9	Намагничивание магнетиков. Механизм намагничивания магнетиков. Роль квантовых закономерностей. Полуклассические представления о намагничении магнетиков. Теорема Лармора.	Практическое занятие
10	Парамагнетизм и диамагнетизм. Магнитные свойства атомов. Орбитальный магнитный момент. Диамагнетики. Объяснение диамагнетизма. Парамагнетики. Теория намагничивания парамагнетиков Ланжевена. Ее применимость к жидким и твердым парамагнетикам.	Практическое занятие
11	Ферромагнетизм. Теория ферромагнетизма. Молекулярное поле Вейсса. Магнитная восприимчивость ферромагнетиков, закон Кюри Вейсса. Точка Кюри. Доменная структура ферромагнетиков. Остаточная намагниченность.	Практическое занятие
12	Метод скалярного потенциала в задачах магнитостатики. Использование скалярного потенциала в задачах магнитостатики. Размагничивающие факторы эллипсоида. Магнитное поле в воздушном зазоре электромагнита.	Практическое занятие
13	Электромагнитная индукция. Индукция токов в движущихся проводниках. Закон электромагнитной индукции. Закон Ома для переменных токов. Квазистационарные токи. Дифференциальные уравнения квазистационарных токов. Преобразования энергии в поле переменных токов. Правило Ленца.	Практическое занятие
14	Энергия магнитного поля. Преобразование энергии при намагничивании магнетиков. Свободная энергия магнитного поля. Определение пондеромоторных сил из выражения энергии. Тензор натяжения магнитного поля. Сведение объемных сил к натяжениям.	Практическое занятие
15	Термодинамика магнетиков. Термодинамические соотношения в магнитном поле. Влияние магнитного поля на теплоемкость. Полная свободная энергия магнетика. Энтропия, внутренняя энергия, свободная энергия и намагниченность парамагнитного вещества.	Практическое занятие
16	Вихревое электрическое поле. Вихри электрического поля. Зависимость электрического напряжения от пути интегрирования. Напряжение переменного тока. Уравнение непрерывности. Токи смещения.	Практическое занятие

17	Электромагнитные колебания. Конденсатор в цепи квазистационарного тока. Электрические колебания. Свободные периодические колебания. Затухающие электрические колебания. Уравнение свободных затухающих колебаний. Добротность колебательной системы. Скин эффект.	Практическое занятие
18	Электромагнитные волны. Система максвелловых уравнений макроскопического электромагнитного поля. Теорема Пойтинга. Поток энергии. Дифференциальные уравнения для потенциалов электромагнитного поля. Скорость распространения электромагнитных возмущений. Условия квазистационарности.	Практическое занятие
19	Электромагнитные явления в медленно движущихся средах. Дифференциальные уравнения поля в движущихся средах. Поляризация и намагниченность движущихся сред. Закон Ома и электромагнитная индукция в движущихся проводниках. Униполярная индукция. Диэлектрик, движущийся в электромагнитном поле.	Практическое занятие

СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 1. Магнитное поле токов.

Цель занятия: дать понятие силы, действующие в магнитном поле на токи. Напряженность магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Взаимодействие элементов тока. Линейные токи и токи конечного сечения.

Организационная форма занятия: разбор конкретных ситуаций

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Силы, действующие в магнитном поле на токи.
2. Напряженность магнитного поля.
3. Закон Био-Савара-Лапласа.
4. Взаимодействие элементов тока.
5. Линейные токи и токи конечного сечения.
6. Особенности ферромагнитного состояния вещества.
7. Доменная структура.

Методические рекомендации

При подготовке к разбору указанных вопросов необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Предварительно необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы аспирант сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей

его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время выступления в ходе разбора конкретных вопросов.. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

При подготовке к *первому-третьему вопросу* семинара студент должен знать основные сведения о магнетиках, их классификацию, общие вопросы намагничивания вещества, основные магнитные параметры и особенности намагничивания ферромагнетиков, уметь рассчитывать магнитостатическую энергию домена при различных углах между осью легкого намагничивания с поверхностью кристалла, для структур с замкнутым и незамкнутым магнитным потоком, определять условие однодоменности, знать принципы расчета ширины доменных стенок и решать конкретные задачи по их определению.

В этом ему поможет следующая литература:

1. Иванов С.В., Мартышко П.С. Избранные главы физики: Магнетизм, магнитный резонанс, фазовые переходы. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008.- 208 с.
2. Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С. Лекции по магнетизму.- 3-е изд., доп. и перераб.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.-512 с.
3. Ивановский В.И., Черникова Л.А. Физика магнитных явлений. М.: изд-во МГУ, 1981.

При изучении *четвертого-шестого вопросов* важно обратить внимание на возникновение новых свойств ферромагнитных образцов при уменьшении их размеров, когда мелкая частица может стать однодоменной.

Для этого необходимо изучить литературу, касающуюся магнитных и кристаллографических свойств мелких частиц и тонких пленок. Эти вопросы достаточно подробно освещены в литературе, например в таких источниках как

1. Непийко С.А. Физические свойства малых металлических частиц. Киев: Наук. думка, 248 с..
2. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма Пер. с японского. М.: Мир. 1987 .

По *седьмому-восьмому вопросу* студент должен иметь понятие об особенностях макроскопических свойств систем однодоменных частиц, связанных с их коллективным воздействием с внешними полями и межчастичным взаимодействием, о различных формах существования таких систем начиная с твердых растворов и заканчивая жидкими коллоидными системками.

-

Для этого необходимо изучить следующие источники:

- 1) Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С. Лекции по магнетизму.- 3-е изд., доп. и перераб.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.-512 с.
- 2) Ивановский В.И., Черникова Л.А. Физика магнитных явлений. М.: изд-во МГУ, 1981.

Основная литература: 2; 3.

Дополнительная литература: 2; 8; 14; 16; 21; 24.

Интернет ресурсы: 3; 8.

Тема 2. Вектор-потенциал магнитного поля

Цель занятия: дать понятие вектор-потенциал магнитного поля.

Организационная форма занятия: разбор конкретных ситуаций

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Интегральные и дифференциальные уравнения для вектора-потенциала.
2. Дифференциальные уравнения магнитного поля.
3. Циркуляция напряженности магнитного поля.

Методические рекомендации

При подготовке к разбору указанных вопросов необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Предварительно необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время выступления в ходе разбора конкретных вопросов.. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

При подготовке к *первому-второму вопросу* семинара студент должен знать основные положения физики коллоидного состояния вещества, иметь представление об основных свойствах гетерогенных высокодисперсных системах и протекающих в них процессах. Особое внимание должно быть уделено магнитным коллоидным системам, их природе, уникальным свойствам сохранять текучесть при достаточно большой намагниченности.

В этом ему поможет следующая литература:

1. Щукин, Е.Д. Коллоидная химия: учеб. Пособие для университетов и химико-технолог. вузов / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина.- М.: Высш.шк., 2004.- 445 с.

2. Блум Э.Я., Майоров М.М., Цеберс А.О. Магнитные жидкости. Рига.: Зинатне”, 1986.

При изучении 3 вопроса необходимо познакомиться с общими теориями устойчивости коллоидных систем и особенностями синтеза коллоидов на основе электролитов и слабо проводящих жидкостей. При этом, необходимо рассмотреть потенциальные кривые сил взаимодействия коллоидных частиц в случае электростатической и стерической стабилизации. После этого рассмотреть факторы устойчивости магнитных коллоидных систем, синтезированных как на основе углеводов, так и слабых электролитов.

При изучении этого вопроса, кроме выше указанной литературы могут быть исследованы следующие источники

1. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига, 2006.- 592 с.
2. Фертман Е.Е. Магнитные жидкости. Минск.: “Высшая школа”, 1988.
3. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия.- М.: Высш. шк., 2001.- 527 с.

Основная литература: 2; 3.6

Дополнительная литература: 1,3,4,5.

Интернет ресурсы: 1-3

Тема 3. Силы взаимодействия токов с магнитным полем.

Цель занятия: дать понятие о механизмах намагничивания магнитных коллоидов и их теоретическом описании.

Организационная форма занятия: разбор конкретных ситуаций

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Пондеромоторные силы, испытываемые в магнитном поле замкнутым током.
2. Потенциальная функция тока во внешнем магнитном поле.
3. Пондеромоторное взаимодействие токов.
4. Коэффициент взаимной индукции.
5. Коэффициент самоиндукции.
6. Полная потенциальная функция системы токов.
7. Топология магнитного поля.
8. Магнитные силовые линии.
9. Топология вихревого (магнитного поля).
10. Условные перегородки. Магнитные листки.
11. Эквивалентность их токам. Магнитный момент тока.
12. Элементарные токи и магнитные диполи.
13. Определение поля элементарных токов и сил, ими испытываемых.

Методические рекомендации

При подготовке к разбору указанных вопросов необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Предварительно необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время выступления входе разбора конкретных вопросов.. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

При подготовке к *первому-второму вопросу* семинара студент должен знать теорию описания процесса намагничивания магнитных коллоидов на основе теории Ланжевена, применяемой обычно для молекулярных парамагнетиков, владеть методикой магнитогранулометрических расчетов на основе анализа экспериментальных кривых намагничивания и функциональных зависимостей магнитной восприимчивости. Для этого могут быть использованы как известные научные статьи по тематике магнитных жидкостей (опубликованные как правило в журналах УФН, Коллоидном журнале, ЖЭТФ, ЖТФ, Магнитной гидродинамике, ЖММ и др.), так и монографии (Фертман Е.Е. Магнитные жидкости. Минск.: “Высшая школа”, 1988, . Блум Э.Я., Майоров М.М., Цеберс А.О. Магнитные жидкости. Рига.: “Зинатне”, 1986, Закинян А., Диканский Ю. Магнитные и электрические свойства магнитных эмульсий. LAP Lambert Academic Publishing, 201, Куникин С. Диканский Ю. Магнитные коллоиды. Функциональные зависимости магнитной восприимчивости. LAP Lambert Academic Publishing, 2011). При изучении 3-4 вопросов следует сформировать понятия о принципах учета полидисперсности коллоидных частиц, а особенности их взаимодействия. Для этого необходимо кроме указанных монографий воспользоваться современными научными статьями, в которых отражены последние достижения в этой области (например статьи Иванова А.О., Пшеничникова А.Ф., Хуке, Люке, Каликманова и др.).

Основная литература: 1,3,6

Дополнительная литература: ,3,4,5.

Интернет ресурсы: 1-3

Тема 4. Магнитное поле в веществе.

Цель занятия: дать понятие о магнитном поле в веществе.

Организационная форма занятия: разбор конкретных ситуаций

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Намагничивание магнетиков.
2. Молекулярные токи и токи проводимости.
3. Векторный потенциал магнитного поля при наличии магнетиков.
4. Средняя плотность объемных и поверхностных молекулярных токов.
5. Уравнения макроскопического магнитного поля в магнетиках.
6. Дифференциальные уравнения макроскопического магнитного поля в магнетиках.
7. Напряженность магнитного поля в магнетиках и вектор магнитной индукции.
8. Полная система уравнений поля постоянных токов в однородной магнитной среде.
9. Силы магнитного поля в однородных магнетиках.
10. Механические силы, испытываемые током в магнитном поле в однородной магнитной среде. Взаимодействие токов.
11. Пондеромоторные силы, испытываемые магнетиками в магнитном поле.
12. Намагничивание магнетиков.
13. Механизм намагничивания магнетиков.
14. Роль квантовых закономерностей.
15. Полуклассические представления о намагничении магнетиков. Теорема Лармора.

Методические рекомендации

При подготовке к разбору указанных вопросов необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Предварительно необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время выступления в ходе разбора конкретных вопросов.. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

При подготовке к *первому-второму* вопросу семинара студент должен знать общую теорию кинетики намагничивания, уметь записывать и анализировать кинетические уравнения магнитной релаксации. Кроме того, студент ориентироваться в различных механизмах намагничивания, условиях

их реализации, производить расчеты неелевского и броуновского времен релаксаций. При подготовке к третьему вопросу должен обладать информацией о явлении дисперсии комплексной магнитной восприимчивости, обусловленной особенностями кинетики намагничивания таких систем.

Основная литература: 1,2,3.6

Дополнительная литература: ,3,4,5.

Интернет ресурсы: 1-3

Тема 5 Парамагнетизм и диамагнетизм.

Цель занятия: раскрыть особенности парамагнетизма и диамагнетизма.

Организационная форма занятия: разбор конкретных ситуаций

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Механизм намагничивания магнетиков.
2. Роль квантовых закономерностей.
3. Полуклассические представления о намагничении магнетиков. Теорема Лармора.
4. Ферромагнетизм. Теория ферромагнетизма.
5. Молекулярное поле Вейсса.
6. Магнитная восприимчивость ферромагнетиков, закон Кюри Вейсса. Точка Кюри.
7. Доменная структура ферромагнетиков. Остаточная намагниченность.
8. Метод скалярного потенциала в задачах магнитостатики. Использование скалярного потенциала в задачах магнитостатики.
9. Размагничивающие факторы эллипсоида. Магнитное поле в воздушном зазоре электромагнита.

Методические рекомендации

При подготовке к разбору указанных вопросов необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Предварительно необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время выступления входе разбора конкретных вопросов.. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

При подготовке к *первому* вопросу семинара студент должен предварительно ознакомлен общими вопросами электрической проводимости

растворов (в частности с теорией электрической проводимости Дебая-Онзагера), иметь представление об электропроводности неводных растворов. Кроме того должен знать основные методы кондуктометрии. Далее необходимо получить знания об электропроводности коллоидных систем, которые в последствии должны быть конкретизированы для магнитных коллоидов.

Подготовка ко второму вопросу должна включать в себя изучение вопросов связанных с особенностью изменения электрической проводимости и диэлектрических свойств магнитных коллоидов от воздействия магнитным полем.

Третий вопрос касается магнитных коллоидов с мелкодисперсным немагнитным наполнителем – частицами микронных размеров как диэлектрических, так и проводящих. Воздействие магнитного поля приводит к структурной организации таких частиц и, как следствие, изменению их эффективных диэлектрических параметров и электропроводности. При подготовке к третьему вопросу должны быть использованы научные статьи и диссертационные исследования, посвященные рассматриваемым вопросам (авторы статей и диссертаций Смерек Ю.Л., Закинян З.Г., Вегера Ж.Г., Ткачева Е.С.).

Основная литература: 2,3,4,6

Дополнительная литература: ,3,4,5.

Интернет ресурсы: 1-3

Тема 6 Электромагнитная индукция.

Цель занятия: дать понятие о электромагнитной индукции.

Организационная форма занятия: разбор конкретных ситуаций

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Индукция токов в движущихся проводниках.
2. Закон электромагнитной индукции.
3. Закон Ома для переменных токов. Квазистационарные токи. Дифференциальные уравнения квазистационарных токов.
4. Преобразования энергии в поле переменных токов. Правило Ленца.
5. Энергия магнитного поля.
6. Преобразование энергии при намагничивании магнетиков.
7. Свободная энергия магнитного поля. Определение пондеромоторных сил из выражения энергии.
8. Тензор натяжения магнитного поля.
9. Сведение объемных сил к натяжениям.
10. Термодинамика магнетиков. Термодинамические соотношения в магнитном поле.
11. Влияние магнитного поля на теплоемкость.
12. Полная свободная энергия магнетика.
13. Энтропия, внутренняя энергия, свободная энергия и намагниченность парамагнитного вещества.

Методические рекомендации

При подготовке к разбору указанных вопросов необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Предварительно необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время выступления в ходе разбора конкретных вопросов.. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

При подготовке к *первому* вопросу семинара студент должен иметь понятие о общих положениях теории фазовых переходов, знать их классификацию и конкретные примеры. Студент должен иметь достаточно полную информацию об известных работах, в которые рассмотрены фазовые переходы в магнитных коллоидах как в магнитном, так и в электрическом полях. При подготовке к 2-3 вопросам студент должен знать основные экспериментальные результаты исследования особенностей деформации микрокапельных агрегатов в электрическом поле и их теоретическую интерпретацию. Кроме того, он должен получить достаточно полные знания о процессах деформации и структурной организации микрокапель магниточувствительных эмульсий, синтезированных на основе магнитных коллоидов. Кроме указанной литературы необходимо использовать статьи из научных журналов следующих авторов – Цеберс А.О., Дроздова В.И., Шагрова Г.В., Закинян А.Р., Ткачева Е.С., Мкртчян Л.С. и др.

Основная литература: 2,3,4,6

Дополнительная литература: ,3,4,5.

Интернет ресурсы: 1-3

Тема 7 Вихревое электрическое поле.

Цель занятия: Сформировать понятие о вихревом электрическом поле.

Организационная форма занятия: разбор конкретных ситуаций

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Вихри электрического поля.
2. Зависимость электрического напряжения от пути интегрирования.

3. Напряжение переменного тока.
4. Уравнение непрерывности. Токи смещения.
5. Электромагнитные колебания.
6. Конденсатор в цепи квазистационарного тока.
7. Электрические колебания.
8. Свободные периодические колебания.
9. Затухающие электрические колебания.
10. Уравнение свободных затухающих колебаний.
11. Добротность колебательной системы. Скин эффект.

Методические рекомендации

При подготовке к разбору указанных вопросов необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Предварительно необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время выступления в ходе разбора конкретных вопросов.. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

При подготовке к *первому* вопросу семинара студент должен в достаточной мере владеть знаниями о возникновении электрогидродинамических течений в жидких средах, условиях их возникновения и особенностях развития. При подготовке ко второму вопросу сформировать представления о процессах самоорганизации и условиях ее возникновения, и о возможности ее возникновения в магнитных коллоидах в виде автоволнового движения. Для этого полезно познакомиться с рядом статей таких авторов как Чеканов В.В., Бондаренко Е.А., Кожевников В.М., данилов М.А.

При подготовке к третьему вопросу необходимо рассмотреть вопрос о возникновении новой более концентрированной фазы магнитной жидкости при воздействии электрического поля и ее организацию в лабиринтную структуру. Необходимо выбрать из предлагаемых ранее причин развития таких явлений наиболее приемлемую по мнению студента и представить ее обоснование.

Основная литература: 2,3,4,6

Дополнительная литература: ,3,4,5.

Интернет ресурсы: 1-3

Тема 8 Электромагнитные волны.

Цель занятия: Сформировать понятие об электромагнитных волнах.

Организационная форма занятия: разбор конкретных ситуаций

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Система максвелловых уравнений макроскопического электромагнитного поля.
2. Теорема Пойтинга. Поток энергии.
3. Дифференциальные уравнения для потенциалов электромагнитного поля.
4. Скорость распространения электромагнитных возмущений.
5. Условия квазистационарности.
6. Электромагнитные явления в медленно движущихся средах.
7. Дифференциальные уравнения поля в движущихся средах.
8. Поляризация и намагниченность движущихся сред.
9. Закон Ома и электромагнитная индукция в движущихся проводниках.
10. Униполярная индукция.
11. Диэлектрик, движущийся в электромагнитном поле.

Методические рекомендации

1. Предварительно необходимо ознакомиться с рекомендуемой литературой (основной и дополнительной), найти необходимую информацию в сети Интернет, выявить новые аспекты проблемы и уже поставленные и изученные способы ее решения. Помимо рекомендуемой литературы студент сам может дополнительно подобрать и изучить литературу по интересующей его проблеме.

2. Во время работы с выбранными источниками желательно делать записи, которыми можно будет воспользоваться во время выступления в ходе разбора конкретных вопросов.. Записи (в различной форме, например, конспект, план, аннотация, резюме, тезисы, цитаты) не только способствуют пониманию и усвоению изучаемого материала, но и помогают вырабатывать навыки ясного изложения в письменной форме тех или иных теоретических вопросов. Делая записи, не следует забывать об их оформлении. Необходимо указывать фамилию автора изучаемого материала, полное название работы, место и год ее издания. Целесообразно указывать страницы.

При подготовке к *первому* вопросу семинара студент должен в достаточной мере владеть знаниями о строении коллоидных частиц лиофобных золь, строении двойного электрического слоя и влияние на него электролитов. Он должен иметь понятие о теории ДЭС, оперировать моделями Гельмгольца, Гуи и Чепмена и Штерна. При подготовке ко второму вопросу студент должен получить понятие об электрокинетических явлениях в коллоидных системах., знать какие из них относят к прямым, какие к обратным, уметь объяснять их механизмы. При подготовке первого и второго

вопросов необходимо использовать учебную литературу по физической и коллоидной химии. При подготовке к третьему вопросу необходимо учесть уникальные свойства магнитных коллоидов – обладание коллоидной частицей достаточно большим магнитным моментом. Для понимания этого вопроса необходимо изучить статью: Закинян А.Р., Вегера Ж.Г., Борисенко О.В. Электрокинетические явления в магнитной жидкости на основе керосина // Журнал технической физики. 2012. Т. 82. Вып. 3. С. 30–36.

Основная литература: 2,3,4,6

Дополнительная литература: ,3,4,5.

Интернет ресурсы: 1-3

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

**Методические указания по выполнению
курсовых работ**

Направление подготовки 03.03.02 Физика
Направленность (профиль)
«Фундаментальная и прикладная физика»

**Ставрополь
2026**

Методические указания по выполнению курсовых работ

Значительное развитие навыков самостоятельной учебной, исследовательской и научной работы студентов происходит в процессе выполнения курсовых работ (проектов).

Выполнение курсовой работы (проекта) имеет целью обогащение знаний студентов, обучение методам теоретического анализа явлений и закономерностей науки, выработку навыков применения теоретических знаний к комплексному решению профессиональных задач, использования справочной литературы, методов математической обработки экспериментальных данных, компьютерных технологий. Системой курсовых работ (проектов) студент подготавливается к выполнению выпускной квалификационной работы.

В процессе выполнения курсовой работы (проекта) студентом должны решаться следующие задачи:

1. Приобретение новых теоретических знаний в соответствии с темой работы и заданием руководителя.
2. Развитие умений систематизировать, обобщать и логично излагать концепции, альтернативные точки зрения исследуемых проблем.
3. Развитие учебно-исследовательских и методических умений, необходимых для построения системы научного анализа изучаемого аспекта.
4. Совершенствование профессиональной подготовки.

Курсовая работа (проект) должна содержать элементы новизны, наряду с фундаментальным аспектом должен быть проведен анализ современного состояния изучаемой проблемы, а также отражены региональные особенности. Задание по курсовой работе (проекту) необходимо индивидуализировать с учетом интересов и способностей студентов.

Курсовая работа (проект) должна состоять из введения, теоретической части, эмпирической части, заключения, списка литературы и приложения. В отдельных случаях, в соответствии с тематикой работы (проекта), эмпирическая часть может отсутствовать.

Титульный лист оформляется в соответствии с положением по оформлению курсовых работ.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы исследования, задачи, цели, новизна, теоретическая и практическая значимость исследования.

Теоретическая часть должна содержать анализ состояния изучаемой проблемы на основе обзора научной, научно-информационной, справочной литературы. Представленный материал должен быть логически связан с целью исследования. В параграфах теоретической части необходимо отражать отдельные компоненты проблемы и завершать их выводами.

Эмпирическая часть (при наличии) включает описание системы экспериментального исследования, обоснование методов исследования, анализ результатов экспериментального исследования, схемы, графические и математические способы интерпретации полученных данных, выводы.

Закключение содержит выводы, подтверждающие или опровергающие первоначальные предположения (гипотезы), перспективы дальнейшего изучения проблемы, связь с практикой, анализ реализации целей и задач исследования.

Список литературы должен быть составлен в соответствии с требованиями к оформлению библиографий.

Приложение содержит весь фактический материал экспериментальных исследований (анкеты, опросники, схемы, чертежи, расчетные материалы, карты, рисунки, ответы респондентов и т.д.).

Содержание курсовой работы (проекта) рекомендуется представлять в объеме 1-1,5 печатных листа. Текст работы должен быть напечатан через 1,5 интервала на одной стороне стандартного листа белой бумаги (А - 4). Текст и другие отпечатанные элементы работы должны быть черными, контуры букв и знаков – четкими, без ореола и затенения. Шрифт Times New Roman, кегель 14. Курсив и подчеркивание в работе не допускаются. Названия глав и параграфов выделяются полужирным шрифтом. Лист с текстом должен иметь поля: слева – 30 мм, справа – 10 мм, сверху – 20 мм, снизу – 20 мм. Нумерация страниц текста делается в правом нижнем углу листа. Проставлять номер страницы необходимо со страницы, где печатается "Введение", на которой ставится цифра "3". После этого нумеруются все страницы, включая приложения.

Между названием главы и названием параграфа этой главы ставится пробел равный двум интервалам, а название параграфа не должно отделяться от текста этого параграфа пробелом. Названия параграфов отделяются от текста предыдущего параграфа пробелом, равным двум интервалам. Каждая глава, а также введение, выводы, предложения и список использованной литературы начинаются с новой страницы. Слово "Глава" не пишется. Главы имеют порядковые номера в пределах всей работы, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1,2,3), после которых ставится точка. Слово "параграф" или значок параграфа в названии не ставятся. Параграфы имеют порядковые номера в пределах глав, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1.1. и 1.2.). Заголовки глав и параграфов в тексте работы должны располагаться по центру, точку в конце названия главы и параграфа не ставят. Не допускается переносить часть слова в заголовке.

Нумерация таблиц и рисунков может быть сквозной или соотноситься с номером главы и параграфа. Например, если таблица или рисунок включены в текст первого параграфа второй главы, нумерация следующая: Таблица 2.1.1., рис. 2.1.1. Последняя цифра означает порядковый номер таблицы (или рисунка) в данном параграфе. Таблица помещается в качестве следующей страницы после первого упоминания о ней в тексте.

Защита курсовой работы (проекта) является обязательной формой проверки выполнения работы. Защита производится на заседании кафедры, научно-методического семинара кафедры, научной проблемной группы специальной комиссией, состоящей обычно из 3 преподавателей кафедры, при непосредственном участии руководителя, в присутствии студентов.

Результаты наиболее интересных курсовых работ (проектов) могут быть доложены на научных конференциях. Публичная защита стимулирует научный интерес, творчество, ответственность студентов.

Защита состоит в коротком докладе студента по выполненной работе и в ответах на вопросы присутствующих на защите. Научный руководитель зачитывает отзыв на курсовую работу (проект) студента.

Результаты защиты курсовой работы (проекта), согласно действующему Положению о текущем контроле и промежуточной аттестации в СКФУ, оцениваются дифференцированной отметкой по пятибалльной системе. Оценка курсовой работы (проекта) записывается в ведомость, составляемую в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре в течение всего срока обучения студента, другой представляется в дирекцию института (филиала) или деканат факультета.

Защита курсовых работ (проектов), предусмотренных учебным планом, во втором полугодии проводится за две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии.

Студент, не представивший в установленный срок курсового проекта (работы) или не защитивший его по неуважительной причине, считается имеющим академическую задолженность.

Курсовые работы (проекты), представляющие теоретический и практический интерес, следует представлять на конкурс в студенческие научные общества, конференции, отмечать приказом по университету.

Примерные темы курсовых работ

1. Магнитное поле токов.
2. Вектор-потенциал магнитного поля.
3. Силы взаимодействия токов с магнитным полем.
4. Топология магнитного поля.
5. Магнитное поле в веществе.
6. Уравнения макроскопического магнитного поля в магнетиках.
7. Силы магнитного поля в однородных магнетиках.
8. Намагничивание магнетиков. Механизм намагничивания магнетиков.
9. Парамагнетизм и диамагнетизм.
10. Ферромагнетизм. Теория ферромагнетизма.
11. Метод скалярного потенциала в задачах магнитостатики..
12. Электромагнитная индукция.
13. Энергия магнитного поля.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

**Методические указания для обучающихся по организации и проведению
самостоятельной работы**

Направление подготовки 03.03.02 Физика
Направленность (профиль)
«Фундаментальная и прикладная физика»

**Ставрополь
2026**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	1
План-график выполнения самостоятельной работы	2
Методические рекомендации по изучению теоретического материала, подготовке к практическим работам	3
	4

Введение

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студента).

Самостоятельная работа студента является важным видом учебной и научной деятельности студента. Федеральным государственным образовательным стандартом предусматривается значительный объем времени из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому самостоятельная работа должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования – подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности.

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Самостоятельная работа студента предполагает, прежде всего, его научно-исследовательскую и практическую деятельность, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят к самостоятельному выполнению профессиональных задач. Конечной целью самостоятельной работы является организация самостоятельной познавательной деятельности, формирование умения самостоятельно анализировать информацию, выделять главное и второстепенное.

Основными формами самостоятельной работы студентов по дисциплине «Экспериментальные методы в магнетизме» являются:

- подготовка к семинару;
- подготовка к практическому занятию.

Семинар – обсуждение проблемы, темы по заранее заданной структуре (вопросам) с предварительным углубленной самостоятельной проработкой материала. Семинары помогают овладеть понятийно-терминологическим аппаратом, свободно оперировать им, понимать практическое приложение теории, прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления.

Индивидуальное задание – частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ПК-1 – способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

ПК-4 - способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: теоретические основы экспериментальных методов изучения природы магнетизма конденсированных сред.

Уметь: выбирать конкретные методы исследования магнитных явлений на основе анализа природы исследуемых эффектов и их внешних проявлений.

Владеть: научными методами исследования физических явлений в области магнетизма;

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
Подготовка к семинару «Ядерные методы исследования в магнетизме.»	Конспект	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 1
Подготовка к семинару «Влияние атомного магнитного порядка на немагнитные свойства вещества»	Конспект	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 2
Подготовка к семинару «Магнитно-упорядоченные вещества в переменных магнитных полях»	Конспект	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 3
Подготовка к семинару «Теория кривых намагничивания ферромагнетиков»	Конспект	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 4
Подготовка к семинару «Теория антиферромагнетизма и ферримагнетизма»	Конспект	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 5
Выполнение индивидуального задания «Атомный магнитный порядок в металлических сплавах»	Конспект	Разноуровневые задания	Практическое занятие № 6

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

На первом этапе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, взаимосвязь тем лекций с практическими занятиями, темы и виды самостоятельной работы. По каждому виду самостоятельной работы предусмотрены определённые формы отчетности.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Ядерные методы исследования в магнетизме.	1-2	3	1-3	1, 3, 5-6
2	Влияние атомного магнитного порядка на немагнитные свойства вещества.	1-2	3	1-3	1, 3, 5-6

3	Магнитно-упорядоченные вещества в переменных магнитных полях.	1-2	3	1-3	1, 3, 5-6
4	Теория кривых намагничивания ферромагнетиков.	1-2	3	1-3	1, 3, 5-6
5	Теория антиферромагнетизма и ферримагнетизма.	1-2	3	1-3	1, 3, 5-6
6	Теория ферромагнетизма и антиферромагнетизма переходных металлов.	1-2	3	1-3	1, 3, 5-6
7	Теория самопроизвольной намагниченности ферромагнетика	1-2	3	1-3	1, 3, 5-6

Примерная тематика заданий для самостоятельной работы студентов

Вопросы к зачету с оценкой

Знать

1. Планетарная модель атома.
2. Векторная модель атома.
3. Атом во внешнем магнитном поле.
4. Термодинамика магнитных явлений.
5. Экспериментальные методы исследования магнитной восприимчивости.
6. Парамагнитные вещества. Классическая теория Ланжевена. Квантовая теория магнетизма.
7. Свойства парамагнетиков в малых и сильных полях
8. Свойства парамагнетиков при низких температурах
9. Диамагнитные вещества. Электронная теория диамагнетизма.
10. Пара- и диамагнетизм металлов.
11. Магнитные свойства ионов в кристаллах.
12. Магнитные свойства сверхпроводников.
13. Магнитные свойства ядер.
14. Методы определения величины магнитных моментов ядер.
15. Планетарная модель атома.

Уметь,
владеть

1. Ядерные методы исследования в магнетизме.
2. Влияние атомного магнитного порядка на немагнитные свойства вещества.
3. Магнитно-упорядоченные вещества в переменных магнитных полях.
4. Теория кривых намагничивания ферромагнетиков.
5. Теория антиферромагнетизма и ферримагнетизма.
6. Атомный магнитный порядок в металлических сплавах.
7. Теория ферромагнетизма и антиферромагнетизма переходных металлов.
8. Теория самопроизвольной намагниченности ферромагнетика.
9. Феноменологическое описание ферромагнитного состояния вещества.
10. Самопроизвольная намагниченность и природа атомных носителей магнетизма веществ.
11. Ядерные методы исследования в магнетизме.
12. Влияние атомного магнитного порядка на немагнитные свойства вещества.

13. Магнитно-упорядоченные вещества в переменных магнитных полях.
14. Теория кривых намагничивания ферромагнетиков.
15. Теория антиферромагнетизма и ферримагнетизма.

Рекомендуемая литература

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Перечень основной литературы:

- 1 Боровик, Е. С. Лекции по магнетизму / Е.С. Боровик, В.В. Еременко, А. С. Мильнер. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 510 с. : ил. - ISBN 5-9221-0577-9
- 2 Иванов, С. В. Избранные главы физики. Магнетизм. Магнитный резонанс. Фазовые переходы : курс лекций / С.В. Иванов, П.С. Мартышко. - 2-е изд. - М. : URSS : Издательство ЛКИ, 2012. - 204 с. : ил. - (Курс лекций). - ISBN 978-5-382-01367-1
- 3 Стромберг А.С.Физическая химия: Учебник для химмических специальностей вузов/ Д.П.Семченко. - 4-е изд.,испр. - М:Высш.шк.,2001. - 527с.:ил. - с511

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Сивухин, Д. В.
Общий курс физики : учебное пособие / Д.В. Сивухин. - Изд. 6-е, стер. - Москва : Физматлит, 2014. - 560 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - ISBN 978-5-9221-1513-1. - ISBN 978-5-9221-1512-4 (Т. I)
- 2 Фертман, В. Е. Магнитные жидкости : справочное пособие. - Минск : Вышэйшая школа, 1988. - 184 с. - ISBN 5-339-00085-0
- 3 Элементарный учебник физики : Электричество и магнетизм / Под ред. Г.С. Ландсберга, Том II. - М. : Наука, 1972. - 526 с.

**Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине (модулю)**

- 1 Тамм, И. Е. Основы теории электричества : учебное пособие / И.Е. Тамм. - 11-е изд., испр. и доп. - Москва : Физматлит, 2003. - 616 с. - <http://biblioclub.ru/>. - ISBN 5-9221-0313-X
- 2 Чечерников, В.И. Магнитные измерения. - М. : Изд-во москов. универ-та, 1963. - 286 с.

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,
необходимых для освоения дисциплины (модуля):**

- 1 <http://demo.home.nov.ru>
- 2 <http://experiment.edu.ru>
- 3 http://fim.samara.ws_
- 4 <http://fizkaf.narod.ru>
- 5 <http://genphys.phys.msu.ru>
- 6 <http://www.phys.spb.ru>