

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Спин-зависимые явления в металлах

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Общая и прикладная физика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02.06 Спин-зависимые явления в металлах относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ПК-1.1: Демонстрация способности самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ПК-1.1: Знать основные явления в области термодинамических, транспортных и оптических свойств магнитных систем (от наномасштабных неоднородных систем до объемных материалов) и современные проблемы физики спин-зависимых явлений в твердых телах Уметь применять теоретические знания в области спин-зависимых явления в теоретической и экспериментальной научно-исследовательской работе; Владеть методами решения теоретических и экспериментальных задач в области спиновых явлений в твердых телах.	Задачи Опрос	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы
ПК-2: Способен самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики	ПК-2.1: Демонстрация способности самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики	ПК-2.1: Знать новейшие достижения в области термодинамических, транспортных и оптических свойств магнитных систем (от наномасштабных неоднородных систем до объемных материалов) и современные проблемы физики спин-зависимых явлений в твердых телах; Уметь ориентироваться в	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

		современной научной литературе по спин-зависимым явлениям в твердых телах Владеть современными методами решения теоретических и экспериментальных задач в области спиновых явлений в твердых телах.		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1 Магнито-дипольное взаимодействие, явления связанные с ним	8	2	2	4	4
Тема 2 Обменное взаимодействие локализованных электронов, магнетизм изоляторов и др. явления	14	4	4	8	6
Тема 3. Обменное взаимодействие делокализованных электронов, зонный магнетизм и др. явления	14	4	4	8	6
Тема 4. Обменное взаимодействие локализованных и делокализованных электронов	12	2	2	4	8

Тема 4. Обменное взаимодействие локализованных и делокализованных электронов	12	2	2	4	8
Тема 6. Спин-орбитальное взаимодействие, транспортные явления, связанные с ним	11	2	2	4	7
Аттестация	36				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1 Магнито-дипольное взаимодействие, явления связанные с ним

Тема 2 Обменное взаимодействие локализованных электронов, магнетизм изоляторов и др. явления

Тема 3. Обменное взаимодействие делокализованных электронов, зонный магнетизм и др. явления

Тема 4. Обменное взаимодействие локализованных и делокализованных электронов

Тема 4. Обменное взаимодействие локализованных и делокализованных электронов

Тема 6. Спин-орбитальное взаимодействие, транспортные явления, связанные с ним

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а) основная литература:

- 1) Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т. III. Квантовая механика (нерелятивистская теория).. М., Физматлит 2002.-808 с. — Режим доступа: ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922100572.html>
- 2) Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т. VIII. Электродинамика сплошных сред. М., Физматлит 2002.-808 с.
- 3) С.В. Вонсовский. Магнетизм. М., Наука 1971.-1032 с. -23 экз.
- 4) Р. Уайт. Квантовая теория магнетизма. М., Мир 1972,1985. -306 с. -4 экз.
- 5) Г.С. Кринчик. Физика магнитных явлений. Изд-во МГУ 1985.-336 с. -4 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) И.И. Гуревич, Л.В. Тарасов, Физика нейтронов низких энергий. Наука, Москва 196, 608 стр.
- 2) Дж. Смарт. Эффективное поле в теории магнетизма. М., Мир 1968.- 271 с. -3 экз.
- 4) У.Ф. Браун. Микромагнетизм. М., Наука 1979. -159 с. -2 экз.
- 5) А.И .Ахиезер, В.Г. Барьяхтар, С.В. Пелетминский. Спиновые волны. М., Наука 1967. -338 с. - 5 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

- 1) Journal of Magnetism and Magnetic Materials <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-magnetism-and-magnetic-materials/>

- 2) Physical Review B, Physical Review Letters, <https://journals.aps.org/>
- 3) Journal of applied physics, Applied Physics Letters, <https://aip.scitation.org/journal/jap/>
- 4) Nature, <https://www.nature.com/>
- 5) Science, <http://www.sciencemag.org/>
- 6) Google Scholar, <http://scholar.google.com/>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

Решите задачи. Запишите полученный ответ.

1. Получить частоту колебаний намагниченности для слоя с анизотропией типа "лёгкая плоскость", находящейся в насыщающем поле, приложенном в его плоскости.

Ответ:

2. Получить частоту колебаний намагниченности для слоя с анизотропией типа "лёгкая ось", находящейся в насыщающем поле, приложенном перпендикулярно его плоскости.

Ответ:

3. Найти спектр электронов проводимости для некомпланарного геликоида:

$$\vec{M} = \left(\sqrt{1-m^2} \cos qz, \sqrt{1-m^2} \sin qz, m \right).$$

Ответ:

4. Для среды с медленно осциллирующей во времени

намагниченностью $\vec{M} = \left(m \cos \Omega t, m \sin \Omega t, \sqrt{1-m^2} \right)$, $\beta = \frac{\hbar \Omega}{2J} \ll 1$ вычислить среднюю z-компоненту спина электронов проводимости для двух подзон.

Ответ:

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные

Оценка	Критерии оценивания
	<p>умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.</p>
не зачтено	<p>Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.</p>

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Какова природа обменного взаимодействия?
2. В чём заключается обменная симметрия магнетиков?
3. Почему ферромагнетик разбивается на домены?
4. Какие бывают доменные стенки в ферромагнетиках?
5. В чём состоит принцип магнитной записи информации?
6. Как происходит намагничивание анизотропной плёнки в "тяжёлом" направлении? А под углом?
7. Что такое ферромагнитный резонанс? Какими способами его регистрируют?
8. Какие бывают спиновые волны в однородно намагниченном слое? В какой геометрии?
9. Каков спектр электронов проводимости в однородном ферромагнетике в приближении эффективной массы?
10. В чём заключается эффект спинового пампинга (спиновой накачки)? Каков механизм его возникновения?
11. Для каких приборов используется явление туннельного магнитосопротивления? От чего зависит величина эффекта?
12. Что такое косвенный обмен (РККИ)? Как энергия косвенного обмена (РККИ) зависит от расстояния между ионами?
13. Что такое аномальный эффект Холла? С чем связано его возникновение в ферромагнетиках?

14. В какой геометрии линейно поляризованный свет при отражении от ферромагнетика не меняет своей поляризации?

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

компет							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворитель	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

	но	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Диполь-дипольное и магнито-дипольное взаимодействия. Анизотропия диполь-дипольного взаимодействия.
2. Взаимодействие нейтрона с магнетиками. Магнитная нейтронография.
3. Анизотропия формы магнитных наночастиц и пленок. Эффект апельсиновой корки
4. Уравнение Ландау-Лифшица для магнитного момента во внешнем поле. Резонансные явления.
5. Обменное взаимодействие двух локализованных электронов.
6. Правило Хунда, магнитный момент ионов.
7. Сверх-обмен.
8. Модель Гейзенберга
9. Соревнование диполь-дипольного и обменного взаимодействия. Возникновение доменов, магнитные вихри.
10. Обменная энергия в феноменологической теории. Обменная симметрия.
11. Обмен делокализованных электронов. Модель Стонера.
12. Обмен между локализованными и делокализованными электронами (s-d модель).
13. Модель РККИ.
14. Взаимодействие магнетиков через прослойку.
15. Эффект туннельного магнито-сопротивления.
16. Квазиadiaбатическое приближение для движения электронов.
17. Топологический эффект Холла, спиновый насос.

18. Спиновая аккумуляция. Спиновая накачка.
19. Спин-орбитальное взаимодействие. Спектр электронов с учетом спин-орбитального взаимодействия
20. Магнитная анизотропия. Соревнование обмена и анизотропии, доменная стенка.
21. Магнито-стрикция.
22. Магнито-электрический эффект.
23. Аномальный эффект Холла.
24. Спиновый эффект Холла. Спин-орбитальная спиновая накачка.
25. Механизмы релаксации спина электрона в металлах.
26. Спиновые волны.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Диполь-дипольное и магнито-дипольное взаимодействия. Анизотропия диполь-дипольного взаимодействия.
2. Взаимодействие нейтрона с магнетиками. Магнитная нейтронография.
3. Анизотропия формы магнитных наночастиц и пленок. Эффект апельсиновой корки
4. Уравнение Ландау-Лифшица для магнитного момента во внешнем поле. Резонансные явления.
5. Обменное взаимодействие двух локализованных электронов.
6. Правило Хунда, магнитный момент ионов.
7. Сверх-обмен.
8. Модель Гейзенберга.
9. Соревнование диполь-дипольного и обменного взаимодействия. Возникновение доменов, магнитные вихри.
10. Обменная энергия в феноменологической теории. Обменная симметрия.
11. Обмен делокализованных электронов. Модель Стонера.
12. Обмен между локализованными и делокализованными электронами (s-d модель).
13. Модель РККИ.
14. Взаимодействие магнетиков через прослойку.

15. Эффект туннельного магнито-сопротивления.
16. Квазиadiaбатическое приближение для движения электронов.
17. Топологический эффект Холла, спиновый насос.
18. Спиновая аккумуляция. Спиновая накачка.
19. Спин-орбитальное взаимодействие. Спектр электронов с учетом спин-орбитального взаимодействия
20. Магнитная анизотропия. Соревнование обмена и анизотропии, доменная стенка.
21. Магнито-стрикция.
22. Магнито-электрический эффект.
23. Аномальный эффект Холла.
24. Спиновый эффект Холла. Спин-орбитальная спиновая накачка.
25. Механизмы релаксации спина электрона в металлах.
26. Спиновые волны.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Оценка	Критерии оценивания

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : учебное пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Наука, 1974. - 752 с. - 20.00., 6 экз.
2. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 8. Электродинамика сплошных сред / под ред. Л. П. Питаевского. - 4-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2003. - 656 с. - ISBN 5-9221-0123-4 (т. 8). - ISBN 5-9221-0053-X : 256.00., 2 экз.
3. Вонсовский Сергей Васильевич. Магнетизм. Магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков. - М. : Наука, 1971. - 1032 с. : ил. - 6.73., 22 экз.
4. Уайт Роберт М. Квантовая теория магнетизма / пер. с англ. М. А. Либермана ; под ред. А. С. Боровика-Романова, Л. П. Питаевского. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Мир, 1985. - 303 с. : ил. - 3.20., 2 экз.
5. Кринчик Георгий Сергеевич. Физика магнитных явлений : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., доп. - М. : Изд-во МГУ, 1985. - 336 с. : ил. - 0.95., 3 экз.

Дополнительная литература:

1. Гуревич Исая Исидорович. Физика нейтронов низких энергий. - М. : Наука, 1965. - 607 с. : ил. - 1.99., 2 экз.
2. Сمارт Дж. Самуэл. Эффективное поле в теории магнетизма / пер. с англ. В. Т. Хозяинова ; под ред. С. В. Тябликова. - М. : Мир, 1968. - 271 с. : черт. - 1.23., 2 экз.
3. Браун Ульям Фуллер. Микромагнетизм / пер. с англ. А. Г. Гуревича. - М. : Наука, 1979. - 159 с. : ил. - 0.80., 1 экз.
4. Ахиезер Александр Ильич. Спиновые волны. - М. : Наука, 1967. - 338 с. : черт. - 1.39., 4 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- 1) Journal of Magnetism and Magnetic Materials <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-magnetism-and-magnetic-materials/>
- 2) Physical Review B, Physical Review Letters, <https://journals.aps.org/>
- 3) Journal of applied physics, Applied Physics Letters, <https://aip.scitation.org/journal/jap/>
- 4) Nature, <https://www.nature.com/>
- 5) Science, <http://www.sciencemag.org/>
- 6) Google Scholar, <http://scholar.google.com/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной

программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.04.02 - Физика.

Автор(ы): Караштин Евгений Анатольевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 31.01.2025, протокол № 2.