

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 № 13 от 30.11.2022 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

Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02.03 «Спин-зависимые явления в металлах» относится к части ООП направления подготовки 03.04.02 Физика, формируемой участниками образовательных отношений.

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	Задачи Собеседование
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;	Задачи	Задачи Собеседование

		<p>Уметь ориентироваться в современной научной литературе по спин-зависимым явлениям в твердых телах</p> <p>Владеть современными методами решения теоретических и экспериментальных задач в области спиновых явлений в твердых телах.</p>		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	2
Часов по учебному плану	72
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	0 зачёт

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1 Магнито-дипольное взаимодействие, явления связанные с ним	8	2	2	0	4	4

Тема 2 Обменное взаимодействие локализованных электронов, магнетизм изоляторов и др. явления	14	4	4	0	8	6
Тема 3. Обменное взаимодействие делокализованных электронов, зонный магнетизм и др. явления	14	4	4	0	8	6
Тема 4. Обменное взаимодействие локализованных и делокализованных электронов	12	2	2	0	4	8
Тема 4. Обменное взаимодействие локализованных и делокализованных электронов	12	2	2	0	4	8
Тема 6. Спин-орбитальное взаимодействие, транспортные явления, связанные с ним	11	2	2	0	4	7
Аттестация	0					
КСР	1				1	
Итого	72	16	16	0	33	39

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для самостоятельной работы обучающимся предлагается использовать основную и дополнительную литературу и/или электронные Интернет-ресурсы.

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-1

Задача 1 Получить зависимость амплитуды колебаний магнитного момента в магнитном поле, имеющем постоянную компоненту и переменную, в зависимости от частоты переменной компоненты?

Задача 2 Найти коэффициент отражения нейтрона от поверхности однородного ферромагнетика, намагниченного вдоль поверхности.

Задача 3 Получить выражение для обменного взаимодействия двух электронов в приближении слабого перекрытия их волновых функций.

Задача 4 Получить спектр свободного электрона с учетом спин-орбитального взаимодействия?

Задача 5 Найти спектр электронов в магнитной спирали в s-d модели.

Задача 6 Найти коэффициент прохождения электрона через туннельный барьер в магнитном туннельном контакте в рамках s-d модели.

Задача 7 Получить критерий магнетизма в модели Стонера.

Задача 8 Рассчитать отклонение среднего магнитного момента электрона от направления намагниченности в квазиadiaбатическом приближении в магнитной спирали.

Задача 9 Рассчитать ширину доменной стенки в ферромагнетике в рамках феноменологической теории.

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

Задача 1 Получить зависимость амплитуды колебаний магнитного момента в магнитном поле, имеющем постоянную компоненту и переменную, в зависимости от частоты переменной компоненты?

Задача 2 Найти коэффициент отражения нейтрона от поверхности однородного ферромагнетика, намагниченного вдоль поверхности.

Задача 3 Получить выражение для обменного взаимодействия двух электронов в приближении слабого перекрытия их волновых функций.

Задача 4 Получить спектр свободного электрона с учетом спин-орбитального взаимодействия?

Задача 5 Найти спектр электронов в магнитной спирали в s-d модели.

Задача 6 Найти коэффициент прохождения электрона через туннельный барьер в магнитном туннельном контакте в рамках s-d модели.

Задача 7 Получить критерий магнетизма в модели Стонера.

Задача 8 Рассчитать отклонение среднего магнитного момента электрона от направления намагниченности в квазиadiaбатическом приближении в магнитной спирали.

Задача 9 Рассчитать ширину доменной стенки в ферромагнетике в рамках феноменологической теории.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка		Критерии оценивания
	Превосходно	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.
	Отлично	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.
	Очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения.

Оценка		Критерии оценивания
Зачтено		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.
	Хорошо	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.
	Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. 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	Неудовлетворительно	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.
	Плохо	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 (индикатора достижения компет	Плохо	неудовлетворительно	Удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		Зачтено				

ений)							
<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 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».
	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»
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

5.3.2 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задача 1 Получить зависимость амплитуды колебаний магнитного момента в магнитном поле, имеющем постоянную компоненту и переменную, в зависимости от частоты переменной компоненты?

Задача 2 Найти коэффициент отражения нейтрона от поверхности однородного ферромагнетика, намагниченного вдоль поверхности.

Задача 3 Получить выражение для обменного взаимодействия двух электронов в приближении слабого перекрытия их волновых функций.

Задача 4 Получить спектр свободного электрона с учетом спин-орбитального взаимодействия?

Задача 5 Найти спектр электронов в магнитной спирали в s-d модели.

Задача 6 Найти коэффициент прохождения электрона через туннельный барьер в магнитном туннельном контакте в рамках s-d модели.

Задача 7 Получить критерий магнетизма в модели Стонера.

Задача 8 Рассчитать отклонение среднего магнитного момента электрона от направления намагниченности в квазиadiaбатическом приближении в магнитной спирали.

Задача 9 Рассчитать ширину доменной стенки в ферромагнетике в рамках феноменологической теории.

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

Задача 1 Получить зависимость амплитуды колебаний магнитного момента в магнитном поле, имеющем постоянную компоненту и переменную, в зависимости от частоты переменной компоненты?

Задача 2 Найти коэффициент отражения нейтрона от поверхности однородного ферромагнетика, намагниченного вдоль поверхности.

Задача 3 Получить выражение для обменного взаимодействия двух электронов в приближении слабого перекрытия их волновых функций.

Задача 4 Получить спектр свободного электрона с учетом спин-орбитального взаимодействия?

Задача 5 Найти спектр электронов в магнитной спирали в s-d модели.

Задача 6 Найти коэффициент прохождения электрона через туннельный барьер в магнитном туннельном контакте в рамках s-d модели.

Задача 7 Получить критерий магнетизма в модели Стонера.

Задача 8 Рассчитать отклонение среднего магнитного момента электрона от направления намагниченности в квазиadiaбатическом приближении в магнитной спирали.

Задача 9 Рассчитать ширину доменной стенки в ферромагнетике в рамках феноменологической теории.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка		Критерии оценивания
Зачтено	Превосходно	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.
	Отлично	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.
	Очень хорошо	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.
	Хорошо	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.
	Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. 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.

Оценка		Критерии оценивания
Не зачтено	Неудовлетворительно	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.
	Плохо	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.

Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) 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.

Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) 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 - Собеседование)

Оценка		Критерии оценивания
	Превосходно	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.

Оценка		Критерии оценивания
Зачтено	Отлично	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.
	Очень хорошо	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.
	Хорошо	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.
	Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. 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	Неудовлетворительно	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.
	Плохо	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.

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

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 дос-тупа: 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. Сمارт. 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/>

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: 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.

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

Автор(ы): О.Г. Удалов

Заведующий кафедрой: Господчиков Егор Дмитриевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.06.2022 г., протокол № 3.