



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины (модуля) **Б1.В.08 Физика магнитных явлений**

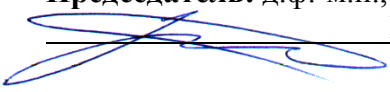
Направление подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

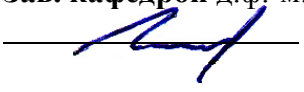
Направленность (профиль) подготовки **Электроника и нанoeлектроника**

Квалификация (степень) выпускника – **бакалавр**

Форма обучения: **очная**

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 49 от «26» апреля 2025 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
 Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 5
от «21» февраля 2025 г.
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор
 А.А. Гаврилюк

Иркутск 2025 г.

Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4. Содержание и структура дисциплины (модуля)	4
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3 Содержание учебного материала	7
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	
4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	
4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	9
4.5 Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	9
5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	10
а) перечень литературы	
б) периодические издания	
в) список авторских методических разработок	
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы	
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	10
6.1 Учебно-лабораторное оборудование	
6.2 Программное обеспечение	
6.3 Технические и электронные средства	11
7. Образовательные технологии	
8. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	11

1. Цели и задачи дисциплины

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ФГОС по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» и предназначена для обеспечения курса «Физика магнитных явлений», изучаемого студентами в течение восьмого семестра.

Основная цель курса:

- дать студентам целостное, в рамках существующих естественнонаучных положений и современного развития физики классификацию магнитных материалов, их основные физические свойства и область применения.

Для достижения данной цели были поставлены задачи:

- формирование у студентов представлений о фундаментальные физических процессах, характерных для структур с различным типом магнитного упорядочения;
 - освоение методов квантово-механического описания магнитных свойств вещества;
 - ознакомление студентов с применением веществ с различными магнитными свойствами в разных областях науки и техники;

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина Б1.В.08 «Физика магнитных явлений» является дисциплиной профессионального цикла. Методика преподавания направлена на системный подход к обучению и интеграцию дисциплин естественнонаучного цикла, т.к. при изучении курса используются разделы и темы следующих дисциплин: «Математический анализ», «Квантовая механика», «Физика конденсированного состояния». Дисциплина «Физика магнитных явлений» является базовой для прохождения преддипломной практики, а также для подготовки к государственной итоговой аттестации и защите выпускной квалификационной работы. Общая трудоемкость дисциплины – 2 зачетные единицы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Курс «Физика магнитных явлений», согласно положениям федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования при подготовке бакалавра по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», позволяет студенту приобрести следующие компетенции:

- **Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик наноматериалов и наноструктур (ПК-2).**

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-2 Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования	ПК-2.1 Способен проводить анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений, используя специализированные знания в области физики магнитных явлений. ПК-2.2 Способен проводить анализ новых направлений	Знает: - общие сведения о классификации веществ по их магнитным свойствам, их особенностях и областях применения; - основные теории и модели, объясняющие магнитные свойства твёрдых тел Умеет: - оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в веществах с

параметров и характеристик наноматериалов и наноструктур	исследований и опытно-конструкторских разработок в соответствующей области знаний.	различным типом магнитного упорядочения; -оценивать физические параметры магнитоупорядоченных веществ намагниченность, восприимчивость, проницаемость) по экспериментальным данным; - по значениям магнитных параметров, полученных из экспериментальных данных, проводить классификацию веществ по их магнитным свойствам. Владеет: - методами квантово-механического описания магнитных свойств вещества; - способами расчета магнитных характеристик магнитоупорядоченных структур в рамках простых общепринятых моделей
--	--	--

4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа, в том числе 62 часов контактной работы. Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. На практическую подготовку отводится 32 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий). Форма промежуточной аттестации: **зачёт**.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости;
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятель ная работа	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Лекции	Семинарские/ практические/ лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1. Магнитные свойства атома	8	6	2	2	2		2	Опрос
2	Раздел 2. Парамагнитные вещества	8	6	2	2	2		2	Решение задач
3	Раздел 3. Диамагнитные вещества	8	6	2	2	2		2	Решение задач
4	Раздел 4. Магнитные свойства металлов	8	12	4	4	6		2	Решение задач
5	Раздел 5. Ферромагнетизм	8	12	4	4	6		2	Решение задач
6	Раздел 6. Природа ферромагнитного состояния	8	8	2	2	6		-	Опрос
7	Раздел 7. Динамика магнитной решётки	8	10	4	4	6		-	Решение задач
8	Раздел 8. Доменная структура ферромагнетиков	8	4	2	2	2		-	Опрос
	КО	8	10						
	Итого часов		72		22	32		10	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

		Самостоятельная работа обучающихся				Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
Семестр	Название раздела, темы	Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час).	Оценочное средство	
8	Разделы 2,4,5,7	Решение домашних задач	В течение семестра	8	Задачи и упражнения	Из списка литературы.
8	Разделы 1,6,8	Подготовка к опросу	После завершения лекций по данным разделам	2	Опрос	Из списка литературы.
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				10		

4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Магнитные свойства атома

- 1.1. Планетарная модель атома
- 1.2. Модель атома Бора-Зоммерфельда. Атом водорода
- 1.3. Пространственное квантование
- 1.4. Простая планетарная модель сложных атомов
- 1.5. Экспериментальные факты, не объясняемые простой планетарной моде
- 1.6. Спин. Собственный магнитный момент электрона
- 1.7. Векторная модель атома
- 1.8. Магнитный момент атома. Фактор Ланде
- 1.9. Эффект Зеемана
- 1.10. Диамагнетизм электронной оболочки атома

2. Парамагнитные вещества

- 2.1. Классическая теория Ланжевена
- 2.2. Свойства парамагнетиков в малых полях
- 2.3. Сравнение с экспериментом. Пары щелочных металлов. Соли редкоземельных элементов
- 2.4. Магнитные свойства ионов переходных элементов и влияние поля кристаллической решётки
- 2.5. Некоторые парамагнитные молекулы
- 2.6. Свойства парамагнетиков в сильных полях
- 2.7. Адиабатическое размагничивание и свойства парамагнетиков при температурах меньше 1 К

3. Диамагнитные вещества

- 3.1. Диамагнитная восприимчивость атомов и ионов
- 3.2. Свойства химических соединений

4. Магнитные свойства металлов

- 4.1. Свойства электронов проводимости в металле
- 4.2. Парамагнетизм свободных электронов
- 4.3. Диамагнетизм свободных электронов
- 4.4. Экспериментальные данные о магнитной восприимчивости металлов. Сравнение с теорией
- 4.5. Свойства переходных металлов

5. Ферромагнетизм

- 5.1. Кривая намагничивания и особенности свойств ферромагнетиков
- 5.2. Формальная теория ферромагнетизма
- 5.3. Гиромагнитные опыты

6. Природа ферромагнитного состояния

- 6.1. Основные идеи
- 6.2. Некоторые сведения из квантовой механики
- 6.3. Молекула водорода и обменная энергия
- 6.4. Обменное взаимодействие и критерий ферромагнетизма
- 6.5. Зависимость свойств ферромагнетиков от температуры. Атомные магнитные моменты ферромагнитных элементов

7. Динамика магнитной решётки

- 8.1. Общие представления о спиновых волнах
- 8.2. Полуклассическая теория спиновых волн в ферромагнетике

8. Доменная структура ферромагнетиков

- 9.1. Причина образования доменов
- 9.2. Переходные слои между доменами

4.3.1 Перечень семинарских практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование практических занятий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	Магнитные свойства атом	Повторение понятий из курсов атомной физики и квантовой механики	2	опрос домашний конспект	ПК -2
2	Парамагнитные вещества	Решение задач на расчёт магнитных характеристик парамагнитных веществ	2	опрос, контрольное задание	ПК -2
3	Диамагнитные вещества	Решение задач на расчёт магнитных характеристик диамагнитных веществ	2	опрос, контрольное задание	ПК -2
4	Магнитные свойства металлов	Решение задач на расчёт магнитных характеристик металлов	6	опрос, контрольное задание	ПК -2
5	Ферромагнетизм	Решение задач на расчёт магнитных характеристик ферромагнитных веществ	6	опрос, контрольное задание	ПК -2
6	Природа ферромагнитного состояния	Построение гамильтониана, описывающего простейший случай ферромагнитного упорядочения.	6	опрос, контрольное задание	ПК -2
7	Динамика магнитной решётки.	Решение задач на расчёт вклада спиновых волн в термодинамику ферромагнетика	6	опрос, контрольное задание	ПК -2
8	Доменная структура ферромагнетиков	Оценка размеров доменов для различных ферромагнетиков.	2	опрос, контрольное задание	ПК -2

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Простая планетарная модель сложных атомов. Экспериментальные факты, не объясняемые простой планетарной моделью. Спин. Собственный магнитный момент электрона	Внеаудиторная работа	Повторение пройденного ранее материала.	Из списка литературы.	2
2	Классическая теория парамагнетизма Ланжевена	Внеаудиторная работа	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы.	2
3	Диамагнитные свойства химических соединений.	Внеаудиторная работа	Изучение литературы.	Из списка литературы.	2
4	Экспериментальные данные о магнитной восприимчивости металлов. Сравнение с теорией. Свойства переходных металлов.	Внеаудиторная работа	Изучение литературы.	Из списка литературы.	2
5	Ферромагнетизм. Формальная	Внеаудиторная	Изучение	Из списка	2

	теория.	работа	литературы. Решение задач	литературы.	
6	Зависимость свойств ферромагнетиков от температуры. Атомные магнитные моменты ферромагнитных элементов	Внеаудиторная работа	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы.	-
7	Динамика магнитной решётки	Внеаудиторная работа	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы.	-
8	Доменная структура ферромагнетиков	Внеаудиторная работа	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы.	-

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Теоретические знания, полученные студентами на практических занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении практических заданий.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен подготовиться к защите своего отчета, разобравшись с теорией исследуемого явления.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала каждой практической работы, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Границы между разными видами самостоятельных работ достаточно размыты, а сами виды работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Закрепление всего изученного материала осуществляется на контрольной работе. Также может быть проведен опрос по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

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

перечень литературы

а) основная литература

1. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния. [Электронный ресурс] / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 296 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/70766>
2. Епифанов, Г.И. Физика твердого тела. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. — СПб.:

Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2023>

3. Павлов П.В. Физика твердого тела. Высшая школа., М. 2000.

4. Гаврилюк А.А., Зубрицкий С.М., Петров А.Л. Физика металлов пособие. Иркутск-2009, 93с.

б) периодические издания

<http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst.htm>

в) список авторских методических разработок

1. Гаврилюк А.А., Семиров А.В., Морозова Н.В., Голыгин Е.А. Магнитные свойства твердых тел : учеб. пособие. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. – 163 с.

<https://www.pd.isu.ru/kaf/DocDESS/files/mps.pdf>

г) базы данных, поисково-справочные и информационные систем

• Книгафонд - библиотека онлайн чтения. www.knigafund.ru

• ЭЧЗ «БИБЛИОТЕХ» <https://isu.bibliotech.ru/>

• ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com/>

• ЭБС «РУКОНТ» <http://rucont.ru>

• Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

Сверено с №5 ЧТД

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в учебной аудитории по расписанию. Лабораторное оборудование не предусмотрено. Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде.

6.2. Программное обеспечение:

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.

6.3. Технические и электронные средства:

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные filmy).

Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор переносной, экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: научные статьи из рецензируемых журналов и монографии, рассматривающие современные походы и исследования в области физики магнитных явлений.

7. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО, в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Интерактивные формы работы на учебных занятиях предусматривают активную позицию студентов при изучении материала, например, самостоятельно подготовить дополнение к теме и вынести его на обсуждение, провести дискуссию, включить элементы собственных научных исследований и сделать краткую презентацию своих выступлений на научных конференциях. Все это формирует способности применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в области исследований магнитного состояния вещества.

На практических занятиях студенты используют авторские задачи. По материалам наблюдений они приобретают исследовательские навыки, необходимые для работы по междисциплинарным направлениям, после получения базового образования и формируют компетенцию готовности выявить естественнонаучную сущность проблем, компетенцию готовности использовать методы теоретической и экспериментальной физики в профессиональной деятельности для изучения магнитных веществ.

Программа основана на использовании современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео), дистанционные, научно-исследовательской направленности и т. п.

8. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля

Проводится опрос на первом занятии.

8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

Содержание учебного материала разделено на дидактические единицы (ДЕ) – предметные темы, подлежащие обязательному изучению и усвоению в процессе обучения. Учитывается промежуточная аттестация по итогам самостоятельной работы, предусмотренной программой курса.

Примерные тестовые задания по физике магнитных явлений приведены в фондах оценочных средств.

8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Опрос	Магнитные свойства атома	ПК-2
2	Проверка решения домашней задачи	Парамагнитные вещества	ПК-2
3	Проверка решения домашней задачи	Диамангнитные вещества	ПК-2
4	Проверка решения домашней задачи	Магнитные свойства металлов	ПК-2
5	Проверка решения домашней задачи	Ферромагнетизм	ПК-2
6	Контрольная работа	Природа ферромагнитного состояния	ПК-2
7	Опрос	Динамика магнитной решётки	ПК-2
8	Опрос	Доменная структура ферромагнетиков	ПК-2

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**.

Разработчик:



к.ф.-м.н., доцент Морозова Н.В.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

Протокол № 5 от 21. 02.2025 г.

Зав. Кафедрой  Гаврилюк А.А.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.