



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
Физический факультет  
Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ  
Дека́н Н.М. Буднев  
«28» июня 2016 г.



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.ДВ.2.1 Физика магнитных явлений

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы Академический бакалавриат

Профиль подготовки: Физика конденсированного состояния.

Степень (квалификация) выпускника - бакалавр

Форма обучения: очная.

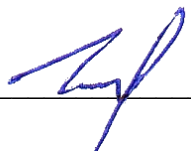
Согласовано с УМК физического  
факультета.  
Протокол № 3  
от 28 июня 2016 г.

Зам. председателя УМК  
В.В. Чумак

  
\_\_\_\_\_

Рекомендовано кафедрой  
общей и экспериментальной физики.  
Протокол №1  
от 16 июня 2016 г.  
Зав. кафедрой

А.А. Гаврилюк

  
\_\_\_\_\_

Иркутск 2016 г.

## Содержание

	Стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	5
5. Содержание дисциплины (модуля)	5
6. 5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	5
7. 5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	7
8. 5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	7
9. Перечень практических занятий.	8
6.1 План самостоятельной работы студентов.	9
6.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.	12
10. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	13
11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	13
12. а) основная литература;	13
13. б) дополнительная литература;	13
14. в) программное обеспечение;	14
15.г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	
16. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).	14
17. Образовательные технологии	14
18. Оценочные средства (ОС).	14

### 1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Цель дисциплины:

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

Задачи дисциплины:

- 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:

Дисциплина “ Физика магнитных явлений ” является дисциплиной профессионального цикла и относится к вариативной части.

Дисциплина “ Физика магнитных явлений” опирается дисциплины ”Математический анализ”, «Квантовая теория», “Физика конденсированного состояния».

Освоение дисциплины необходимо для освоения курсов магистратуры ”Материалы наноэлектроники”, “Полупроводниковая электроника”, “Спинтроника».

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3. Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.

ПК - 1. Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:**

*-основные сведения о классификации веществ по их магнитным свойствам, их особенностях и областях применения;*

*- механизмы переноса электронов в наноразмерных структурах (ОПК-3);*

**Уметь:**

- оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в веществах с различным типом магнитного упорядочения;
- оценивать физические параметры магнитоупорядоченных веществ (намагниченность, восприимчивость, проницаемость) по экспериментальным данным (ОПК-3, ПК-1);
- по значениям магнитных параметров, полученных из экспериментальных данных, проводить классификацию веществ по их магнитным свойствам.

**Владеть:**

- методами квантово-механического описания магнитных свойств вещества;
- способами расчета магнитных характеристик магнитоупорядоченных структур в рамках простых общепринятых моделей (ПК-1).

#### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	40/1,1	40
В том числе:	-	
Лекции	20/0,55	20
Практические занятия (ПЗ)	20/0,55	20
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	32/0,9	32
В том числе:	-	-
Самостоятельная работа студента	32/0,9	32
<b>Контроль</b>	36/1.0	36
В том числе		
<i>Подготовка к экзамену</i>	27/0.75	27
<i>Экзамен</i>	9/0,25	
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Экзамен	Экзамен
Общая трудоемкость	часы	108
	зачетные единицы	3
		108
		3

#### 5. Содержание дисциплины (модуля)

##### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля). Все разделы и темы нумеруются.

##### 1. Магнитные свойства электронной оболочки 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 моделью
- 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: основные опытные факты и формальная теория Вейсса**

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. Антиферромагнетизм и ферримагнетизм**

7.1. Антиферромагнетизм

7.2. Ферримагнетики

### **8. Динамика магнитной решётки. Спиновые волны**

8.1. Общие представления о спиновых волнах

8.2. Полуклассическая теория спиновых волн в ферромагнетике

### **9. Доменная структура ферромагнетиков**

9.1. Причина образования доменов

9.2. Переходные слои между доменами

## 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)								
		2	3	7	9					
1.	Материалы нанoeлектроники									
2.	Полупроводниковая электроника									
3	Спинтроника									

## 5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах			
			Лек.	ПЗ	СРС/К	Всего
1.	Магнитные свойства электронной оболочки 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 моделью 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	2	4/3	11
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	2	2	4/3	11
3.	Диамагнитные вещества	3.1. Диамагнитная восприимчивость атомов и ионов	2	2	4/3	11

		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	3	3	4/3	13
5.	Ферромагнетизм: основные опытные факты и формальная теория Вейсса	5.1. Кривая намагничивания и особенности свойств ферромагнетиков 5.2. Формальная теория ферромагнетизма 5.3. Гиромангнитные опыты	3	3	4/3	13
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	2	2	3/3	10
7.	Антиферромагнетизм и ферримагнетизм	7.1. Антиферромагнетизм 7.2. Ферримагнетики	2	2	3/3	10
8.	Динамика магнитной решётки. Спиновые волны	8.1. Общие представления о спиновых волнах 8.2. Полуклассическая теория спиновых волн в ферромагнетике	2	2	3/3	10
9.	Доменная структура ферромагнетиков	9.1. Причина образования доменов 9.2. Переходные слои между доменами	2	2	3/3	10
10	Экзамен				9	9
<b>Всего:</b>			<b>20</b>	<b>20</b>	<b>32/36</b>	<b>108</b>

СРС – самостоятельная работа студента, К – контроль.

#### 6. Перечень практических занятий.

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование практических работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Тема 1 Разделы 1.1-1.10	Магнитные свойства электронной оболочки атома.		Контрольные вопросы. Контрольная работа.	ОПК-3 ПК-1
2.	Тема 2 Разделы 2.1-2.7	Парамагнитные вещества		Контрольные вопросы.	ОПК-3 ПК-1
3.	Тема 3	Диамагнитные		Контрольные	ОПК-3



	Разделы 3.1-3.2	вещества.		вопросы.	ПК-1
4.	Тема 4 Разделы 4.1-4.5	Магнитные свойства металлов			ОПК-3 ПК-1
5.	Тема 5 Разделы 5.1-5.3	Ферромагнетизм: основные опытные факты и формальная теория Вейсса			ОПК-3 ПК-1
6.	Тема 6 Разделы 6.1-6.5	Природа ферромагнитного состояния			ОПК-3 ПК-1
7.	Тема 7 Разделы 7.1-7.2	Антиферромагнетизм и ферримагнетизм			ОПК-3 ПК-1
8.	Тема 8 Разделы 8.1-8.2	Динамика магнитной решётки. Спиновые волны			ОПК-3 ПК-1
9.	Тема 9 Разделы 9.1-9.2	Доменная структура ферромагнетиков			ОПК-3 ПК-1

### 6.1 План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Магнитные свойства электронной оболочки атома.	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	8
1-2	Парамагнитные вещества	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на	Из списка основной и дополнительной литературы.	8

			самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.		
2-3	Диаманитные вещества.	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	8
4	Магнитные свойства металлов	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	8
5	Ферромагнетизм: основные опытные факты и формальная теория Вейсса	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	8
6	Природа	Внеаудиторная	Изучение	Из списка	8

	ферромагнитного состояния	работа.	научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	основной и дополнительной литературы.	
7	Антиферромагнетизм и ферримагнетизм	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	8
8	Динамика магнитной решётки. Спиновые волны	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	8
8	Доменная структура ферромагнетиков	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам,	Из списка основной и дополнительной литературы.	8

			вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.		
9	Подготовка к экзамену			Из списка основной и дополнительной литературы.	27
	Экзамен				9

## 6.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.
- внеаудиторная – самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа помогает студентам:

### 1) **Овладеть знаниями:**

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа со справочниками и другой справочной литературой;
- ознакомление с нормативными и правовыми документами;
- учебно – методическая и научно-исследовательская работа;
- использование компьютерной техники, Интернета и др.;

### 2) **Закреплять и систематизировать знания:**

- работа с конспектом лекций;
- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;
- подготовка плана;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- подготовка ответов на контрольные вопросы;

- заполнение рабочей тетради;
- аналитическая обработка текста;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
- подготовка реферата;
- составление библиографии использованных источников;
- тестирование и др.;

### **3) Формировать умения:**

- решение ситуационных задач и упражнений по образцу;
- выполнение расчетов (графические и расчетные работы);
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к тестированию;
- опытно-экспериментальная работа;
- подготовка к выпускной квалификационной работе.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3. Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.

ПК - 1. Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.

### **7. Примерная тематика заданий для самостоятельной работы (реферат)**

**(не предусмотрено)**

### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):**

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>

б) дополнительная литература

1. Павлов П.В. Физика твердого тела. Высшая школа., М. 2000.
2. Гаврилюк А.А., Гаврилюк А.В., Семиров А.В.. Магнитные свойства твердых тел. Учебное пособие. Иркутск 2000. 135с.
3. Гаврилюк А.А., Зубрицкий С.М., Петров А.Л.. Физика металлов и сплавов. Учебное пособие. Иркутск-2009, 93с.

в) программное обеспечение

*Сверено с №5 ЧИЗ*



г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы:

1. Книгафонд - библиотека онлайн чтения. [www.knigafund.ru](http://www.knigafund.ru)
2. ЭБС "Издательство Лань" <http://e.lanbook.com/>

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Компьютерные презентации, программа для тестирования.

### 10. Образовательные технологии:

№ п/п	Виды учебной работы	Образовательные технологии
1.	Лекция	Вводная лекция, информация лекция, лекция с элементами дискуссии, интерактивная лекция (лекция диалог), информационная лекция с элементами обратной связи.
3.	Практическое занятие	Занятие – решение задач.

### 11. Оценочные средства (ОС):

**Фонд оценочных средств представлен в Приложении к программе.**

- \* Текущий контроль осуществляется в устной и письменной форме при выполнении студентами учебных заданий - решении задач и выполнении контрольных работ на протяжении всего курса.
- \* Промежуточный контроль – тестирование.
- \* Итоговый контроль – экзамен.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 03.03.02 «Физика». Профиль «Физика конденсированного состояния».

**Разработчик:**



к.ф.-м.н., доцент С.М. Зубрицкий

Программа рассмотрена на заседании кафедры электроники твердого тела

«\_16\_» \_\_июня\_\_ 2016 г.

Протокол № 1 Зав. кафедрой



д.ф.-м.н. Гаврилюк А.А.