



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра общей и экспериментальной физики**



**СВЕРЖДАЮ**  
И.М. Буднев  
2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля): Б1.О.13.04 Дополнительные главы физики

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль) подготовки: Материалы и компоненты твердотельной электроники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

**Согласовано с УМК:**

физического факультета

**Протокол № 30**

от «31» августа 2021 г.

**Зам. председателя, к.ф.-м.н., доцент**

В.В. Чумак

**Рекомендовано кафедрой:**

общей и экспериментальной физики

**Протокол № 1**

от «30» августа 2021 г.

**Зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор**

А.А. Гаврилюк

**Иркутск 2021 г.**

## Содержание

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

### ПРИЛОЖЕНИЕ: ФОС

## I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ФГОС по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника и предназначена для обеспечения курса «Дополнительные главы физики», изучаемого студентами в течение второго и третьего семестров.

Основная *цель* курса – является формирование у студентов целостного в рамках существующих естественнонаучных положений представления о современных магнитных материалах и принципах их создания, использования в устройствах функциональной электроники, устройство хранения информации (HDD, SSD).

Для достижения данной цели были поставлены *задачи*:

- ознакомление студентов с основными типами магнитных материалов и физическими величинами, характеризующими магнитные материалы;
- ознакомление студентов с основными принципами формирования магнитной доменной структуры и процессами ее перестройки под действием магнитных полей;
- изучение технологических методов получения магнитомягких и магнито жестких магнитных материалов, а также материалов для высокоплотной записи информации;
- развитие у студентов общих представлений о классических и квантовых гальваномагнитных и магнитоупругих эффектах в ферромагнитных материалах;
- изучение возможностей использования современных магнитных материалов в устройствах функциональной электроники;
- изучение принципов устройств и работы современных носителей информации, как магнитных (HDD), так и твердотельных (SSD)

## II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина “Дополнительные главы физики” является дисциплиной цикла физика и относится к обязательной части. Код учебного цикла Б1.О.13.

Дисциплина “Дополнительные главы физики” опирается на школьный курс физики и дисциплину «Математический анализ» (Б1.О.12.01), читается параллельно с дисциплиной «Механика и молекулярная физика» (Б1.О.13.01), дисциплиной «Электричество, магнетизм и волновая оптика» (Б1.О.13.02).

Освоение дисциплины необходимо для освоения курсов «Физические основы электроники» (Б1.О.20), «Теоретические основы электротехники» (Б1.О.23) «Наноэлектроника» (код дисциплины Б1.Б.21). Общая трудоемкость - 7 зачетных единиц.

### III. Требования к результатам освоения дисциплины

Курс «Дополнительные главы физики», согласно положениям федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования при подготовке бакалавра по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, позволяет студенту приобрести следующие компетенции:

- Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности (ОПК-1)
- Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных (ОПК-2)

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные магнитные свойства твердых тел и их применимость в современной технике, включая её проектирование; физические и физико-химические основы технологии магнитных изделий функциональной электроники и наноэлектроники в современной вычислительной технике и информационных технологиях;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в магнитных элементах функциональной электроники и наноэлектроники, влияния этих свойств на применение магнитных материалов в современных устройствах; обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию магнитных материалов в приборах и устройствах функциональной электроники;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами квантового - механического описания</li> </ul>

		<p>простейших квантовых систем, входящих в состав магнитных элементов электроники и наноэлектроники; методами экспериментальных исследований параметров и характеристик магнитных материалов; методами обработки и оценки погрешности измерений параметров магнитных материалов функциональной электроники;</p>
ОПК-2	<p>Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные магнитные свойства твердых тел и их применимость в современной технике, включая её проектирование; физические и физико-химические основы технологии магнитных изделий функциональной электроники и наноэлектроники в современной вычислительной технике и информационных технологиях;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в магнитных элементах функциональной электроники и наноэлектроники, влияния этих свойств на применение магнитных материалов в современных устройствах; обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию магнитных материалов в приборах и устройствах функциональной электроники;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами квантово - механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав магнитных элементов электроники и наноэлектроники; методами экспериментальных исследований параметров и характеристик магнитных материалов; методами обработки и оценки погрешности измерений параметров магнитных</li> </ul>

**IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)**

Объем дисциплины составляет 7 зачетных единицы, 252 часа,  
в том числе 110 часа контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

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; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<i>Раздел 1. Диамагнетики и парамагнетики.</i>	2	36	4	4	4	0	8	Опрос
2	<i>Раздел 2. Ферро- и антиферромагнитные элементы. Условия возникновения магнетизма в твердых телах. Обменное взаимодействие.</i>	2	36	2,8	2,8	12,8	0	24,6	выполнение индивидуального проекта
3	<i>Раздел 3. Теория молекулярного поля. Закон Кюри – Вейсса. Основы теории фазового перехода ферромагнетик – антиферромагнетик .</i>	2	36	2,8	2,8	12,8	0	24,6	Опрос
4	<i>Раздел 4. Доменная структура ферромагнетиков. Основы теории намагничивания ферромагнитных материалов</i>	2	36	2,8	2,8	12,8	0	24,6	выполнение индивидуального проекта
5	<i>Раздел 5. Эффект магнитострикции, влияние напряжений на магнитные свойства ферромагнетика, ΔE–эффект, гальваномагнитный эффект, эффект Холла, аномальный эффект Холла в ферромагнетиках, магнитоколлорический эффект.</i>	3	36	2,8	2,8	12,8	0	24,6	Опрос
6	<i>Раздел 6. Магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Способы получения материалов с магнитомягкими и магнитожесткими свойствами.</i>	3	36	2,8	2,8	12,8	0	24,6	выполнение индивидуального проекта
7	<i>Раздел 7. Методы исследования свойств ферромагнитных материалов функциональной электроники</i>	3	36	2,8	2,8	12,8	0	24,6	Опрос
	Зачёт	2, 3	7						Опрос
	КСР	0	0						

<b><u>Итого часов</u></b>		<b>252</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>90</b>	<b>0</b>	<b>142</b>	
---------------------------	--	------------	-----------	-----------	-----------	----------	------------	--

#### 4.1. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Разделы 1	Подготовка к опросу и разработка индивидуальных проектных заданий	В течение семестра	24,6	Опрос	[вся литература]
2	Разделы 2	Подготовка к опросу и разработка индивидуальных проектных заданий	В течение семестра	24,6	выполнение индивидуального проекта	[вся литература]
2	Разделы 3	Подготовка к опросу и разработка индивидуальных проектных заданий	В течение семестра	24,6	Опрос	[вся литература]
2	Разделы 4	Подготовка к опросу и разработка индивидуальных проектных заданий	В течение семестра	24,6	выполнение индивидуального проекта	[вся литература]
3	Разделы 5	Подготовка к опросу и разработка индивидуальных проектных заданий	В течение семестра	24,6	Опрос	[вся литература]
3	Разделы 6	Подготовка к опросу и разработка индивидуальных проектных заданий	В течение семестра	24,6	выполнение индивидуального проекта	[вся литература]
3	Разделы 7	Подготовка кратких докладов	В течение семестра	24,6	Опрос	[вся литература]
2,3	<b>Подготовка к зачёту</b>	Работа с лекционным материалом и учебной литературой	К концу семестров		Опрос	[вся литература]
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				142		



### **4.3. Содержание учебного материала**

Содержание разделов и тем дисциплины

#### **Раздел 1. Диамагнетики и парамагнетики.**

Теория парамагнетизма Ланжевена. Вырожденный электронный газ. Парамагнетизм Паули. Диамагнетизм Ландау.

#### **Раздел 2. Ферро- и антиферромагнитные элементы. Условия возникновения магнетизма в твердых телах. Обменное взаимодействие**

Ферромагнетики. Механизмы косвенного обменного взаимодействия. Условие Стонера. Спиновые стекла.

#### **Раздел 3. Теория молекулярного поля. Закон Кюри – Вейсса. Основы теории фазового перехода ферромагнетик – антиферромагнетик**

Спиновые волны. Магноны. Статистика магнонов. Дисперсионное соотношение для магнонов. Закон Блоха. Фазовый переход спиновое стекло – парамагнетик.

#### **Раздел 4. Доменная структура ферромагнетиков. Основы теории намагничивания ферромагнитных материалов.**

Доменная структура Ландау – Лифшица. Доменные границы с поперечными связями. Тонкая структура доменных границ. Закритическое состояние магнитных пленок. Начальная кривая намагничивания. Взаимосвязь формы петли гистерезиса с процессами намагничивания ферромагнетика. Квазистатическое и динамическое намагничивание.

#### **Раздел 5. Эффект магнитострикции, влияние напряжений на магнитные свойства ферромагнетика, $\Delta E$ -эффект, гальваномагнитный эффект, эффект Холла, аномальный эффект Холла в ферромагнетиках, магнитоколлорический эффект.**

Механострикция. Изменение петли гистерезиса магнитострикционных ферромагнетиков под действием механических напряжений. Взаимосвязь между процессами намагничивания и  $\Delta E$ -эффектом. Коэффициент магнитоупругой связи. Датчики на  $\Delta E$ -эффекте. Датчики на эффекте Холла.

#### **Раздел 6. Магнитомягкие и магнито жесткие материалы. Способы получения материалов с магнитомягкими и магнито жесткими свойствами.**

Ферриты. Материалы для логической магнитоэлектроники. Термомагнитная обработка ферромагнетиков. Методы получения аморфных ферромагнетиков.

#### **Раздел 7. Методы исследования свойств ферромагнитных материалов функциональной электроники**

Ферромагнитный резонанс. Метод растровой электронной микроскопии. Метод приближения намагниченности к насыщению. Измерение динамических свойств доменных границ. Определение температуры Кюри ферромагнетиков.

Контроль самостоятельной работы проводится на практических занятиях и на КСР.

#### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1.	1	Диамagnetики и парамагнетики.	8	12,8	Опрос	ОПК-1, ОПК-2
2.	2	Ферро- и антиферромагнитные элементы	8	12,8	выполнение индивидуального проекта	
3.	3	Теория молекулярного поля. Закон Кюри – Вейсса. Основы теории фазового перехода ферромагнетик – антиферромагнетик.	8	12,8	Опрос	
4.	4	Доменная структура ферромагнетиков. Основы теории намагничивания ферромагнитных материалов.	8	12,8	выполнение индивидуального проекта	
5.	5	Магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Способы получения материалов с магнитомягкими и магнитожесткими свойствами.		12,8	Опрос	
6.	6	Магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Способы получения материалов с магнитомягкими и магнитожесткими свойствами.		12,8	выполнение индивидуального проекта	
7.	7	Методы исследования свойств ферромагнитных материалов функциональной электроники	8	12,8	Опрос	

#### 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.	Диамagnetики и парамагнетики.	Самостоятельная подготовка по теме	Чтение литературы, выполнение индивидуального проекта, подготовка к практическим и лабораторным работам.	[вся литература]	24,6
2.	Ферро- и антиферромагнитные элементы. Условия возникновения магнетизма в твердых телах. Обменное взаимодействие.	Самостоятельная подготовка по теме	Чтение литературы, выполнение индивидуального проекта, подготовка к практическим и лабораторным работам.	[вся литература]	24,6
3.	Теория молекулярного поля. Закон Кюри – Вейсса. Основы теории фазового перехода ферромагнетик – антиферромагнетик	Самостоятельная подготовка по теме	Чтение литературы, выполнение индивидуального проекта, подготовка к практическим и лабораторным работам.	[вся литература]	24,6
4.	Доменная структура ферромагнетиков. Основы теории намагничивания ферромагнитных материалов	Самостоятельная подготовка по теме	Чтение литературы, выполнение индивидуального проекта, подготовка к практическим и лабораторным работам.	[вся литература]	24,6
5.	Эффект магнитоstriction, влияние напряжений на магнитные свойства ферромагнетика, ΔE-эффект,	Самостоятельная подготовка по теме	Чтение литературы, выполнение индивидуального проекта, подготовка к практическим и	[вся литература]	24,6

	гальваномагнитный эффект, эффект Холла, аномальный эффект Холла в ферромагнетиках, магнитоколлорический эффект.		лабораторным работам.		
6.	Магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Способы получения материалов магнитомягкими и магнитожесткими свойствами.	Самостоятельная подготовка по теме	Чтение литературы, выполнение индивидуального проекта, подготовка к практическим и лабораторным работам. Решение задач	[вся литература]	24,6
7.	Методы исследования свойств ферромагнитных материалов функциональной электроники	Самостоятельная подготовка по теме	Чтение литературы, выполнение индивидуального проекта, подготовка к практическим и лабораторным работам.	[вся литература]	24,6
8.	Текущие консультации				0
9.	Подготовка к зачету			вся литература	0

#### 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, самостоятельной 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. Широко используются элементы проектного подхода в обучении.

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

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

**V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)****а) перечень литературы***основная литература*

- 1) Семенов А.Л., Гаврилюк А.А., Душутин Н.К., Ясюкевич Ю.В. Магнитные материалы микро- и нанoeлектроники. Учебное пособие. Иркутск, Изд-во ИГУ, 2012.- 147 с., ISBN 978-5-9624-0624-4 (30 экз.)
- 2) Гаврилюк А.А., Семиров А.В., Морозова Н.В., Голыгин Е.А. Магнитные свойства твердых тел. Учебное пособие. Иркутск, Изд-во ИГУ.2014.-163 с., ISBN 978-5-9624-1105-7 (19 экз.)

*дополнительная литература*

1. Тикадзуми, Сосин. Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества [Текст] / С. Тикадзуми; пер. с яп. М. В. Быстров; ред.: Г. А. Смоленский, Р. В. Писарев. - М. : Мир , 1983. - 302 с. : ил.; 22 см. - Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 294-299. (1экз.)
2. Киттель, Чарльз. Введение в физику твердого тела [Текст] / Ч. Киттель. - 2-е изд., стер., Перепечатка с изд. 1978 г. - М. : МедиаСтар, 2006. - 791 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 769-791. (5 экз.)
3. Гинзбург, Илья Файвильевич. Введение в физику твердого тела [Текст]: Основы квант. механики и стат. физики с отдельными задачами физики твердого тела: Учеб. пособие / И. Ф. Гинзбург. - СПб.: Лань, 2007. - 537 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 536-537. - ISBN 978-5-8114-0721-7 (11 экз.)
4. Боровик, Евгений Станиславович. Лекции по магнетизму [Текст] / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Физматлит, 2005. - 511 с. : ил.; 22 см. - Библиогр.: с. 503-510. - ISBN 5-9221-0577-9 (1 экз.)
5. Дьячков, Павел Николаевич. Электронные свойства и применение нанотрубок [Электронный ресурс] / П. Н. Дьячков. - 2-е изд. - ЭВК. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2012. - (Нанотехнологии). - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - 20 доступов. - ISBN 978-5-9963-1096-8 (20 экз.)

б) *периодические издания*

- нет.

в) *список авторских методических разработок*

- 1) Гаврилюк А.А., Семиров А.В., Морозова Н.В., Голыгин Е.А. Магнитные свойства твердых тел. Учебное пособие. Иркутск, Изд-во ИГУ.2014.-163 с., ISBN 978-5-9624-1105-7 (19 экз.)
- 2) В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу.

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- ЭЧЗ «БИБЛИОТЕХ» [HTTPS://ISU.BIBLIOTECH.RU/](https://isu.bibliotech.ru/)
- ЭБС «ЛАНЬ» [HTTP://E.LANBOOK.COM/](http://e.lanbook.com/)
- ЭБС «РУКОНТ» [HTTP://RUCONT.RU](http://rucont.ru)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

## **VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Практические и лабораторные занятия по данной дисциплине проводятся в учебной аудитории по расписанию.

На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет, стандартными средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу, студенты могут использовать собственные ноутбуки и планшеты на практических и лабораторных занятиях.

### **6.2. Программное обеспечение:**

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартными средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу, пакет офисных программ Libre Office (лицензия GNU), kiCAD (электросхемаически САПР, лицензия GNU)

### **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 Libre Office, Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). 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.

На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в области магнитных материалов, современного электронного оборудования, применяемого в современной физике и электроники.

## **VII. Образовательные технологии**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по реализации компетентностного подхода, 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 наработок. Все это формирует



способности применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в области современной физики и электроники.

По материалам работы студенты 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.

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

На лекциях и практических занятиях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций). Применяются методы проектного подхода при изучении разделов и подготовки индивидуальных проектов студентов.

### **VIII. 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 астрономии приведены в фондах оценочных средств (в приложении).

#### 8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Опрос	Раздел 1	ОПК-1, ОПК-2
2.	Выполнение индивидуального	Раздел 2	ОПК-1, ОПК-2

	проекта		
3.	Опрос	Раздел 3	ОПК-1, ОПК-2
4.	Выполнение индивидуального проекта	Раздел 4	ОПК-1, ОПК-2
5.	Опрос	Раздел 5	ОПК-1, ОПК-2
6.	Выполнение индивидуального проекта	Раздел 6	ОПК-1, ОПК-2
7.	Опрос	Раздел 7	ОПК-1, ОПК-2
8.	Зачет, опрос	Все темы	ОПК-1, ОПК-2

#### Примерный список вопросов и упражнений к зачёту

1. Статистические характеристики процесса намагничивания. Кривая начального намагничивания.
2. Магнитная восприимчивость. Петля гистерезиса и ее параметры. Потери на гистерезис и вихревые токи.
3. Дефекты кристаллической решётки ферромагнетика. Макроскопические дефекты.
4. Доменная структура, доменные границы.
5. Междоменные границы ферромагнетика.
6. Магнитная анизотропия, магнитоstriction, механострикция, ΔE-эффект.
7. Процессы намагничивания в ферромагнетиках.
8. Модель Стонера–Вольфарта. Астроида.
9. Влияние механических напряжений на магнитные параметры ферромагнетиков .
10. Магнитомягкие материалы. Закон Блоха.
11. Технология получения магнитомягких материалов.
12. Сплавы железа с кремнием. Сплавы железа с никелем.
13. Сплавы железа с алюминием. Аморфные металлические сплавы.
14. Магнитожесткие материалы.
15. Технология получения магнитожестких материалов.
16. Сплавы, магнитная жёсткость которых обусловлена перестройкой их кристаллической решётки.
17. Сплавы, магнитная жёсткость которых вызвана выделением мелкокристаллических фаз. Магнитожёсткие материалы на основе соединений R<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B (R – редкоземельный металл).
18. Магнитожёсткие химические соединения. Интерметаллические соединения кобальта с редкоземельными металлами.
19. Термическая и термомагнитная обработки магнитных материалов.
20. Лазерная обработка.
21. Ферриты.
22. Материалы для записи информации на плоских магнитных доменах.
23. ЦМД – материалы. Ортоферриты. Гексаферриты.
24. Получение ЦМД – материалов.
25. Материалы для термомагнитной записи.
26. Классические гальваномагнитные эффекты Эффект магнитосопротивления.
27. Эффект Холла. Эффект Нернста–Эттингаузена.

28. Эффект гигантского магнитоимпеданса.
29. Эффект гигантского магнитосопротивления.
30. Гранулированные композиты и сверхрешетки
31. Квантовый эффект Холла.
32. Магнитоэлектрический эффект. Мультиферроики.
33. Магнитоемкостный эффект.
34. Управляемые магнитным полем спин-туннельные переходы.
35. Датчики на эффекте Холла.
36. Датчики высокочастотного электромагнитного излучения.
37. Магнитные материалы, используемые для магнитной записи и хранения информации.
38. Магнетики с гигантским магнитосопротивлением.
39. Устройство и принцип работы жёсткого диска (HDD).
40. HDD: магнитный принцип чтения и записи информации, логическое устройство жёсткого диска, характеристики HDD, особенности, требования.
41. Головки чтения-записи HDD.
42. Основной и примесный химический состав ферромагнетика.
43. Кристаллическая структура ферромагнетика.
44. Устройство и принцип твердотельного носителя информации (Solid State Drive) (SSD).
45. SSD: принцип чтения и записи информации, логическое устройство, характеристики SSD, особенности, требования, типы ячеек памяти.

**Разработчики:**



доцент, к.ф.-м.н.  
(занимаемая должность)

Е.А. Гольгин  
(инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики ИГУ  
« 30 » августа 2021 г.

Протокол № 1, зав. кафедрой  А.А. Гаврилюк

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