



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Физический факультет*

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Введение в физику магнитных явлений**

Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем физического факультета  
Образовательная программа  
**03.03.02 – Физика**

Направленность (профиль) программы:  
**Фундаментальная физика**

Форма обучения:  
**Очная**

Статус дисциплины:  
**дисциплина по выбору**

**Махачкала, 2022 год**

Рабочая программа дисциплины «Введение в физику магнитных явлений» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриата по направлению подготовки **03.03.02** – Физика от «07» августа 2020 г. № 891.

Разработчик: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем,  
Палчаев Д.К., д.ф.-м.н., профессор



Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «19» марта 2022 г., протокол № 7.

Зав. кафедрой ФКСиН



Рабаданов М.Х.

на заседании методической комиссии физического факультета от «23» марта 2022г., протокол № 7.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением  
«31» марта 2022 г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

### Аннотация рабочей программы дисциплины

входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений ОПОП бакалавриата по направлению **03.03.02– Физика**.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физики конденсированного состояния и наносистем. Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением природы магнитных свойств элементарных частиц, атомов и молекул, вещества в различных магнитных состояниях: диа-, пара-, ферро-, антиферро-, ферри-магнетизм, конденсированной среды

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: контрольная работа, промежуточный контроль, зачет.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника *обще-профессиональных* ОПК– 2, ОПК– 2; *профессиональных* ПК-10, ПК–11.

Объем дисциплины **72** часа, **2** зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Се- местр	Учебные занятия						СРС, в том числе экза- мен	Форма проме- жуточной атте- стации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лек- ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации			
<b>7</b>	<b>72</b>	<b>34</b>		<b>34</b>			<b>4</b>	<b>зачет</b>

#### 1. Цели освоения дисциплины

Цель спецкурса «Введение в физику магнитных явлений» заключается в том, чтобы раскрыть природу магнитных свойств элементарных частиц, атомов и молекул, вещества в различных магнитных состояниях: диа-, пара-, ферро-, антиферро-, ферри-магнетизм, конденсированной среды. При этом будет обращать внимание на признанные положения теории и практики, которыми должны руководствоваться бакалавры, при исследовании и интерпретации различных свойств магнитных систем.

#### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.03. «Введение в физику магнитных явлений» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, является дисциплиной по выбору ОПОП бакалавриата по направлению **03.03.02– «Физика»**, профиля подготовки «Фундаментальная физика».

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области общей физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере задач физики колебаний атомов кристаллической решетки.

Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения о принципе формирования свойств соответствующих конденсированных сред, уметь создавать и анализировать теоретические модели явлений, характеризующих равновесные и неравновесные свойства. Иметь базовые знания о законах движения заряженных и нейтральных частиц; законах сохранения энергии, импульса и момента количества движения в объеме знаний курса общей физики и атомной физики, проводить измерения и магнитных характеристик.

Данная дисциплина является базовой для изучения равновесных, кинетические и магнитные свойства конденсированных сред.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Студенты в ходе изучения дисциплины должны освоить основы физики магнитных явлений и фазовых равновесиях в конденсированных системах.

Знать: суть магнитных эффектов в конденсированных средах; физические основы магнитных

Уметь: решать задачи связанные с интерпретацией магнитных свойств различных материалов; применять полученные знания при решении задач по оценке магнитных характеристик; Владеть: экспериментальной и теоретической информации, позволяющей исследовать объяснить, полученные результаты; знаниями явлений происходящих при магнитных фазовых переходах; методами исследований магнитных характеристик.

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
<p><b>ОПК-1</b> Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p><b>ОПК-1.1.</b> Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности;</li> <li>- основы современной физики конденсированных сред;</li> <li>- фундаментальные разделы математики, позволяющие расшифровать теоретические положения физики конденсированных сред;</li> <li>- физические основы магнитных явлений и магнитных фазовых переходов.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию о магнитных свойствах веществ;</li> <li>• применять полученные знания в области исследования и расшифровки результатов исследований, а также при интерпретации свойств:</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем.</li> <li>- методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области магнитных свойств,</li> <li>• методами обработки и анализа экс-</li> </ul>	<p>Устный опрос</p>

		периментальной и теоретической информации в области магнитных свойств.	
	<p><b>ОПК-1.2.</b> Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знает:</b> - природу магнитных свойств элементарных частиц, атомов и молекул, веществ в свободном и связанном состояниях; - как проводить научные исследования по установлению магнитных характеристик; - природу магнитных состояний: диа-, пара-, ферро-, антиферро-, ферри-магнетизм, конденсированной среды. <b>Умеет:</b> - критически анализировать и излагать получаемую информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами - применять полученные знания в области физики при решении задач связанных с интерпретацией свойств с учетом магнитных вкладов; - пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в этой области знаний. <b>Владеет:</b> - навыками исследования физических процессов, протекающих в твердых телах в различных средах; • навыками проведения научных исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; • способностью анализировать влияния структуры на особенности физических свойств и прогнозировать механические свойства реальных тел, в том числе наноструктурированных</p>	Устный опрос
	<p><b>ОПК-1.3.</b> Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов</p>	<p><b>Знает:</b> - основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. <b>Умеет:</b> - выбирать метод решения выяв-</p>	Устный опрос

	решения выявленной проблемы, при необходимости вносит необходимые коррективы.	ленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата. <b>Владеет:</b> - навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценивать эффективность выбранного метода.	
<b>ОПК-2</b> Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	<b>ОПК-2.1.</b> Выбирает или самостоятельно формулирует тему исследования, составляет программу исследования.	<b>Знает:</b> - актуальные проблемы, основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития физики, а также смежных областей науки и техники. - принципы планирования экспериментальных исследований для решения поставленной задачи. <b>Умеет:</b> - самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований; - рассматривать возможные варианты реализации экспериментальных исследований, оценивая их достоинства и недостатки. <b>Владеет:</b> - навыками формулировать конкретные темы исследования, планировать эксперименты по заданной методике для эффективного решения поставленной задачи.	Устный опрос
	<b>ОПК-2.2.</b> Самостоятельно выбирает методы исследования, разрабатывает и проводит исследования.	<b>Знает:</b> - современные инновационные методики исследований, в том числе с использованием проблемно-ориентированных прикладных программных средств. <b>Умеет:</b> - предлагать новые методы научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению поставленных задач; - самостоятельно выбирать методы исследования, разрабатывать и проводить исследования. <b>Владеет:</b> -навыками самостоятельно выбирать методы исследования, разрабатывать и проводить исследования.	Устный опрос
	<b>ОПК-2.3.</b> Анализирует, интерпретирует, оце-	<b>Знает:</b> - основные приемы обработки и представления результатов выпол-	Устный опрос

	<p>нивает, представляет и защищает результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями.</p>	<p>ненного исследования; - передовой отечественный и зарубежный научный опыт и достижения по теме исследования.</p> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать основные приемы обработки, анализа и представления экспериментальных данных; - формулировать и аргументировать выводы и рекомендации по выполненной работе.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками обработки, анализа и интерпретации полученных данных с использованием современных информационных технологий; - формулировать и аргументировать выводы и рекомендации по исследовательской работе.</li> </ul>	
<p><b>ПК-10</b> Владеет методами теоретической физики в применении к профессиональным задачам.</p>	<p><b>ПК-10.1.</b> Владеет специальными знаниями в области квантовой теории.</p>	<p><b>Знает:</b></p> <p>основные физические явления и основные принципы квантовой теории, границы их применения и применение принципов в важнейших практических приложениях; основные физические величины и константы теоретической физики, их определения, смысл, способы и единицы измерения; фундаментальные физические эксперименты в области исследования частиц и волн, и их роль в развитии науки.</p> <p><b>Умеет:</b></p> <p>объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления, эффекты и точки зрения фундаментальных физических взаимодействий; указать какие законы описывают то или иное явление (эффект); интерпретировать смысл физических величин и понятий; использовать методы адекватного физического и математического моделирования и методы теоретического анализа к решению конкретных проблем.</p> <p><b>Владеет:</b></p> <p>навыками использования основных физических законов и принципов в практических приложениях; навыками применения основных методов теоретического анализа для ре-</p>	<p>Устный опрос</p>

		шения естественнонаучных задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели	
	<b>ПК-10.2.</b> Владеет специальными знаниями в области теоретической механики и электродинамики	<p><b>Знает:</b> основные законы динамики материальной точки и системы материальных точек; основные законы движения материальной точки относительно неинерциальных систем отсчета; колебания систем со многими степенями свободы и их основные характеристики; законы и принципы аналитической механики, электродинамики; движение материальной точки при больших скоростях; основные уравнения гидродинамики и электродинамики.</p> <p><b>Умеет:</b> объяснить физические наблюдаемые природные и другие явления с помощью законов и методов теоретической механики и электродинамики; определить какие законы описывают данное явление или эффект; использовать методы абстракции, физического и математического моделирования для решения конкретных задач в области теоретической механики и электродинамики.</p> <p><b>Владеет:</b> основными физическими законами и принципами использования теоретической механики и электродинамики в практических приложениях; методами использования основных методов теоретического анализа для решения естественнонаучных задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели</p>	Устный опрос
	<b>ПК-10.3.</b> Применяет методы математической физики для постановки	<p><b>Знает:</b> теоретические основы, основные понятия, законы и модели линейных и нелинейных уравнений математической физики.</p>	Устный опрос

	и решения задач в профессиональной деятельности	<p><b>Умеет:</b> понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями и моделями линейных и нелинейных уравнений математической физики.</p> <p><b>Владеет:</b> методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации.</p>	
	<p><b>ПК-10.4.</b> Способен использовать основные методы теоретической физики.</p>	<p><b>Знает:</b> основные этапы развития и возникновения теоретической физики, об ученых, внесших основной вклад в развитии теоретической физики; основные законы и методы теоретической физики; возможности применения этих законов и методов для освоения, изучения дисциплин, как квантовая механика, термодинамика, статфизика и т.д.; основные стандарты, формы, правила составления научной документации и их отдельные особенности.</p> <p><b>Умеет:</b> критически оценивать следствия тех или иных решений, открытий в теоретической физике, на дальнейший ход развития науки в целом; применять знания, полученные при изучении теоретической физики, для решения конкретных физических задач; разработать вариант решения различных задач смежных дисциплин на основе законов теоретической физики.</p> <p><b>Владеет:</b> возможностью применять методы теоретической физики для формирования общих взглядов на характер науки, научных исследований; типовыми методологиями, приемами, технологиями, применяемыми при написании, составлении обзоров проведенных научных исследований;</p> <p>существующими методами, законами теоретической физики, которые можно применить для решения задач в различных областях челове-</p>	Устный опрос

<p><b>ПК-11</b> Способен понимать теорию и методы исследования физики конденсированного состояния вещества</p>	<p><b>ПК-11.1.</b> Базовые теоретические знания по физике конденсированного состояния из фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</p>	<p>ской деятельности</p> <p><b>Знает:</b> -основы метода измерения температурных зависимостей магнитных свойств материалов; - принципы формирования температурных зависимостей магнитных свойств конденсированных сред; - связь структуры с основными свойствами конденсированных сред и роль вклада магнитных взаимодействий в формировании свойств конденсированных сред.</p> <p><b>Умеет:</b> - пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации при интерпретации структуры и свойств; - применять полученные знания при решении задач по оценке магнитного вклада в свойства материалов; - проводить научные исследования в области физики с помощью современной приборной базой оборудования</p> <p><b>Владет:</b> - инновационными методами исследований структуры равновесных и неравновесных свойств, определяемых магнитными эффектами; - методами термодинамических расчетов реакций и навыками решения задач по интерпретации связи магнитных свойств со структурой.</p>	<p>Устный опрос</p>
	<p><b>ПК-11.2.</b> Физические основы и природа кристаллических классов и пространственных групп.</p>	<p><b>Знает:</b> принципы формирования структуры и элементы кристаллофизики: типы кристаллических решеток; сингонии; плотность упаковки элементарных ячеек; виды дефектов в кристаллах; методы дифракционного анализа.</p> <p><b>Умеет:</b> определять типы кристаллических решеток, направления и плоскости решеток; определять элементы симметрии; плотность упаковки элементарных ячеек; расшифровывать результаты дифракционного анализа.</p>	<p>Устный опрос</p>

		<p><b>Владеет:</b> знаниями об идеальных и реальных структурах; методами определения направления и плоскости решеток, а так же элементов симметрии; методами оценки плотности упаковки элементарных ячеек; методами дифракционного анализа</p>	
	<p><b>ПК-11.3.</b> Современные представления о формировании физических свойств конденсированных сред.</p>	<p><b>Знает:</b> формирование зарядовых возбуждений и их релаксацию; процессы формирования магнитных свойств; температурные зависимости магнитных свойств конденсированных сред; связь структуры с магнитными свойствами веществ.</p> <p><b>Умеет:</b> интерпретировать процессы формирования магнитных свойств; температурные зависимости магнитных свойств конденсированных сред; связь структуры с магнитными свойствами веществ.</p> <p><b>Владеет:</b> методами оценки</p>	<p>Устный опрос</p>
	<p><b>ПК-11.4.</b> Особенности свойств в монокристаллических, керамических и наноматериалах</p>	<p><b>Знает:</b> физику отличительных особенностей формирования магнитных свойств в макрокристаллических и наноматериалах.</p> <p><b>Умеет:</b> - излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики критических явлений и магнитных фазовых переходов в конденсированных средах. - использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для интерпретации явлений в области магнитных фазовых переходов</p> <p><b>Владеет:</b> - методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации, позволяющей исследовать магнитные характеристики в широком интервале температур и области магнитных фазовых переходов; - методами измерения температурных зависимостей тепловых, электрических и оптических свойств в</p>	<p>Устный опрос</p>

		магнитных полях; - разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.	
--	--	---	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **2** зачетные единицы, **72** академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Самостоятельная работа в т.ч. зачет, экзамен	
<b>Модуль 1. Основные магнитные характеристики веществ и классификация магнетиков.</b>								
1	<u>Тема.1</u> Основные характеристики магнитных веществ. Магнитный момент атома. Магнетизм электронной системы. Магнетон Бора. Причины возникновения намагниченного состояния вещества. Магнитное квантовое число.	7	6	6				Устный опрос
2	<u>Тема.2.</u> Гиромагнитное отношение. Правило Хунда. Магнитный момент ядра атома, фактор Ланде. Ядерный магнетон Бора. Экспериментальные методы определения магнитных моментов нуклонов и ядра атома		3	3			2	Письменный опрос
3	<u>Тема.3</u> Векторная модель атома. Магнитный момент молекул и сложных соединений. Классификация магнетиков Диамagnetизм атома. Диамagnetическая восприимчивость. Формула Ланжевена.		2	2				Устный опрос
4	Парамагнетизм. Парамагнитная восприимчивость. Классическая и квантовая теория парамагнетизма. За-		4	4				Устный опрос

	кон Кюри. Парамагнетика в сильных магнитных полях. Получение низких температур. Диа- и парамагнетизм электронов проводимости. Зонная теория парамагнетизма. Осцилляция восприимчивости						
5	<u>Тема.5</u> Магнитные свойства сверхпроводников. Особенности магнитных свойств высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП).		2	2			Письменный опрос
	<b>Итого по модулю 1: 36 часов.</b>		<b>17</b>	<b>17</b>			<b>2</b>
<b>Модуль 2. Ферромагнетизм.</b>							
6	<u>Тема.6.</u> Обменное взаимодействие. Механизмы обменных взаимодействий. Прямой обмен. Критерий ферромагнетизма. Косвенный обмен в немагнитных магнетиках.		6	6			Устный опрос
7	<u>Тема.7.</u> Обмен через нейтрального соседа и через s-d и s-f электронов. Теория кривой технического намагничивания		3	3			Устный опрос
8	<u>Тема.8.</u> Энергия ферромагнитного состояния. Анизотропия обменного интеграла. Магнитострикция. Магнитоупругая энергия. Энергия магнитной анизотропии		2	2		2	Письменный
9	<u>Тема.9.</u> Доменная структура ферромагнетика. Процессы смещения доменных границ, вращения результирующей намагниченности и парапроцесс..		4	4		2	Письменный
10	Доменные границы. Доменные стенки Блоха и Нееля. Определение ширины домена. Определение толщины доменной стенки и критического размера ферромагнетика.		2	2			Устный
	Итого по модулю 2: 36 часов.		17	17		2	
	<b>ИТОГО: 72 часа</b>						<b>Зачет</b>

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

##### **Модуль 1. Основные магнитные характеристики веществ и классификация магнетиков**

**Тема 1.** Основные характеристики магнитных веществ. Магнитный момент атома. Магнетизм электронной системы. Магнетон Бора. Магнитное квантовое число. Гиромагнитное отношение. Правило Хунда. Магнитный момент ядра атома, фактор Ланде. Ядерный магнетон Бора.

**Тема 2.** Парамагнетизм. Парамагнитная восприимчивость. Классическая и квантовая теория парамагнетизма. Закон Кюри. Парамагнетики в сильных магнитных полях.

**Тема 3.** Магнитные свойства диа- и парамагнетиков. Обменное взаимодействие

**Тема 4.** Диа- и парамагнетизм. Электронов проводимости. Зонная теория парамагнетизма. Осцилляция восприимчивости. **Лекция и Практическое занятие**

**Тема 5.** Магнитные свойства сверхпроводников. Особенности магнитных свойств высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП).

#### **Модуль 2. Ферромагнетизм**

**Тема 6.** Обменное взаимодействие. Механизмы обменных взаимодействий. Прямой обмен. Критерий ферромагнетизма. Косвенный обмен в неметаллических магнетиках.

##### **Модуль 7. Типы обменных взаимодействий и энергия ферромагнитного состояния.**

Обмен через нейтрального соседа и через s-d и s-f электронов. Теория кривой технического намагничивания.

**Тема 8.** Энергия ферромагнитного состояния. Анизотропия обменного интеграла. Магнитострикция. Магнитоупругая энергия. Энергия магнитной анизотропии. Доменная структура ферромагнетика.

**Тема 9.** Доменная структура ферромагнетика. Процессы смещения дом. границ, вращения результирующей намагниченности и парапроцесс.

**Тема 10.** Доменные границы. Доменные стенки Блоха и Нееля. Определение ширины домена.

#### 4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.

##### **Модуль 1. Основные магнитные характеристики веществ и классификация магнетиков**

**Тема 1.** Единица элементарного магнитного момента. Физический смысл магнетона Бора. Эффект Эйнштейна – де-Хааза.

**Тема 2.** Причины возникновения намагниченного состояния вещества. Классификация магнетиков. Методы определения магнитных моментов нуклонов и ядра атома.

**Тема 3.** Векторная модель атома. Магнитный момент молекул и сложных соединений. Диамагнетизм атома. Диамагнитная восприимчивость. Формула Ланжевена.

**Тема 4.** Спиновый парамагнетизм вырожденного идеального газа электронов проводимости. Классическая и квантовая теория парамагнетизма. Закон Кюри. Получение низких температур.

**Тема 5.** Магнитные свойства диа- и парамагнетиков. Обменное взаимодействие. Диа- и парамагнетизм электронов проводимости. Магнитная восприимчивость.

**Тема 6.** Высокотемпературные сверхпроводники – особенности перехода без поля и в магнитном поле. Магнитные свойства сверхпроводников. Квант магнитного потока. Пиннинг.

## **Модуль 2. Ферромагнетизм**

**Тема 7.** Обменное взаимодействие. Механизмы обменных взаимодействий. Прямой обмен. Критерий ферромагнетизма. Классические ферромагнетики. Ферромагнетики. Суперпарамагнетики.

**Тема 8.** Типы обменных взаимодействий и энергия ферромагнитного состояния.

**Тема 9.** Теория кривой технического намагничивания. Энергия s-d –обменного взаимодействия в 3-d металлах. Параметр порядка и его связь с термической деформацией кристаллической решетки.

**Тема 10.** Особенности энергии ферромагнитного состояния в наноструктурах. Магнито-стрикция. Энергия магнитной анизотропии. Доменная структура ферромагнетика.

**Тема 11.** Доменная структура ферромагнетика. Доменные границы. Определение ширины домена. Доменные стенки и фазовая диаграмма для случая трехслойной структуры ферромагнетик–немагнитный металл–ферромагнетик.

### **5. Образовательные технологии.**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по реализации компетентностного подхода, дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены. В процессе преподавания дисциплины «Введение в физику магнитных явлений» применяются следующие образовательные технологии: развивающее обучение, проблемное обучение, коллективная система обучения, лекционно-зачетная система обучения. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация. Лекции сопровождаются представлением материалов виде презентаций с использованием анимации, выход на сайты, где представлены соответствующие иллюстрации и демонстрации для излагаемого материала. При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой: мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом, в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 20 часов аудиторных занятий. Число лекций от общего числа аудиторных занятий определено учебной программой.

Для выполнения физического практикума и подготовке к практическим (семинарским) занятиям изданы учебно-методические пособия и разработки, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся. В процессе лабораторного практикума формируется у студентов умение производить расчеты с помощью пакета стандартных компьютерных математических программ, что позволяет существенно приблизить уровень культуры статистической обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях студенты закрепляют навыки (приобретенные на 1-2 курсах) по оценке погрешностей результатов измерений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях. В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос и дискуссии на семинарских занятиях, проверка письменных работ и т.д.

**Промежуточный контроль.** В течение семестра студенты выполняют:

- повторение пройденного материала;
- подготовка к семинарам;
- подготовки к контрольным работам;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание курсовых работ по проблемам дисциплины «Физика наносистем».

**Итоговый контроль.** Зачет в конце 1 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоёмкость, а.ч.		
	Очная	Очно-заочная	заочная
<b>Текущая СРС</b>			
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	<b>2</b>		
самостоятельное изучение разделов дисциплины	-		
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам, зачётам	<b>2</b>		
<b>Итого СРС:</b>	<b>4 часа</b>		

## 7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

### 7.1. Примерные темы для самостоятельной работы

1. Магнитный момент атома. Магнетон Бора.
2. Спиновый и орбитальный магнетизм систем слабо взаимодействующих атомов, ионов и молекул (магнетизм слабо взаимодействующих частиц).
3. Спиновый и орбитальный магнетизм обобществленных электронов в конденсированных средах без атомного магнитного порядка.
4. Магнитные свойства веществ с атомным магнитным порядком, обусловленным обменным взаимодействием.
5. Ядерный магнетизм в веществах.
6. «Классические» диамагнитные газы
7. Диамагнетизм ионных остовов в конденсированной фазе
8. «Классические» парамагнитные газы
9. Ионный парамагнетизм в конденсированной фазе
10. Диамагнетизм жидкостей и кристаллов
11. Диамагнетизм электронов проводимости металлов и полупроводников
12. Магнитные характеристики сверхпроводников.

13. Парамагнетизм электронов проводимости в металлах и полупроводниках
14. Ферромагнетики
15. Антиферромагнетики
16. Ферримагнетики
17. Обменное взаимодействие
18. Механизмы обменных взаимодействий.
19. Прямой обмен.
20. Критерий ферромагнетизма
21. Кривая намагничивания
22. Петля гистерезиса. Остаточная индукция и коэрцитивная сила

На самостоятельную работу студентов выносятся переработка материалов лекций и семинарских занятий, подготовка к лабораторно-практическим занятиям и обработка их результатов и составление отчетов, выполнение курсовых работ, подготовка к научным докладам на семинарах и т. д.

## **7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

**Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля**

1. Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

### **Лекции**

- посещение занятий — 5 баллов,
- активное участие на лекциях — 5 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум — 30 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) — 10 баллов.

### **Практические занятия**

- посещение занятий — 5 баллов,
- активное участие на практических занятиях — 5 баллов,
- выполнение домашних работ — 10 баллов,
- выполнение самостоятельных работ — 10 баллов,
- выполнение контрольных работ — 20 баллов.

2. Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос — 60 баллов,
- письменная контрольная работа — 30 баллов,
- тестирование — 10 баллов

## **8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

а) Сайт кафедры физики конденсированного состояния и наносистем:

<http://cathedra.dgu.ru/Default.aspx?id=1503>

б) **Основная литература:**

1. Черевко А.Г. Физика конденсированного состояния. Часть 1. Кристаллы и их тепловые свойств [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Черевко. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 81 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69566.html>

2. Разумовская И.В. Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки [Электронный ресурс] / И.В. Разумовская. — Электрон. текстовые данные. — М. : Прометей, 2011. — 64 с. — 978-5-4263-0032-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9611.html>
3. Брандт, Николай Борисович. Электроны и фононы в металлах : Учеб. пособие для физ. спец. вузов / Брандт, Николай Борисович, Чудинов, Сергей Михайлович. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГУ, 1990. - 333,[1] с. : ил. - 0-0.  
Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
4. Брандт, Николай Борисович. Экспериментальные методы исследования энергетических спектров электронов и фононов в металлах : (Физ. основы) / Брандт, Николай Борисович, Чудинов, Сергей Михайлович. - М. : Изд-во МГУ, 1983. - 405 с. : ил. ; 22 см. - 4-10. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
5. Рейсленд, Дж. Физика фононов : пер.с англ. / Рейсленд, Дж. ; под ред. Г.С.Жданова. - М. : Мир, 1975. - 365 с. - 55-00.  
Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
6. Энергетический спектр фононов и тепловые свойства конденсированных сред : учебно-метод. пособие / [Д.К.Палчаев и др.]Минобрнауки России, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала : Изд-во ДГУ, 2014. - 55-00.  
Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
7. Лейбфрид Г., Людвиг В. Теория ангармонических эффектов в кристаллах М.: ИЛ – 1963
8. Кителль Ч., Найт У., Рудерман М. Механика (Берклиевский курс физики). Т.1.- М.: Наука.- 1971
9. Шпольский Э.В. Атомная физика. Т.1.- М.: Наука.- 1974.
10. Новикова С.И. Тепловое расширение кристаллических твердых тел.- М.: Наука.- 1974.
11. Займан Дж. Электроны и фононы. – М.: ИЛ.- 1962.

***Дополнительная литература:***

1. Ашкрофт, Н. Физика твёрдого тела : [в 2-х т.]. Т.1 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; пер. с англ. А.С.Михайлова; под ред. М.И.Каганова. - М. : Мир, 1979. - 399 с. : ил. - Библиогр.: с. 7 (7 назв.).- Библиогр. в конце глав. - 2-60.  
Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
2. Ашкрофт, Н. Физика твёрдого тела : [в 2-х т.]. [Т.]2 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; пер. с англ.: К.И.Кугеля и А.С.Михайлова; под ред. М.И.Каганова. - М. : Мир, 1979. - 422 с. : ил. ; 25 см. - Библиогр. в конце гл. - Предм. указ.: с. 392-417. - 2-90.  
Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
3. Кацнельсон, Альберт Анатольевич. Введение в физику твёрдого тела : пособие для студ. физ. спец. ун-тов / Кацнельсон, Альберт Анатольевич. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1984. - 294 с. - 0-85. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
4. Займан, Дж. Принципы теории твёрдого тела / Займан, Дж. ; Под ред. проф. В.Л. Бонч-Бруневича. - М. : Мир, 1974. - 472 с. : с черт. ; 22 см. - Список лит.: с. 455-464. Предм. указ.: с. 465-469. - 2-21. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
5. Тепловые свойства твёрдых тел : задания для проведения лаб. работ / М-во образования РФ, Дагест. гос. ун-т; [Сост. Палчаев Д.К., Мурлиева Ж.Х., Палчаева Х.С.] . - Махачкала : ИПЦ ДГУ, 2002. - 38 с. - 5-00.
6. Гольдаде В.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2009. — 648 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11505.html>
7. Румянцев А.В. Введение в физику конденсированного состояния вещества [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Румянцев. — Электрон. текстовые данные. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2012. — 119 с. — 978-5-9971-0221-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23770.html>

8. Физика конденсированного состояния в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 04.03.02 «Химия, физика и механика материалов» / В.Н. Белко [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 79 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72951.html>

## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки бакалавров по направлению **03.03.02 Физика**:

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks ([www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г.
2. Лицензионное соглашение № 6984/20 на использование адаптированных технологий ЭБС IPRbooks ([www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)) для лиц с ОВЗ от 02.10.2020.
3. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru). Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010 от 01.10.2020г. 537 наименований.
4. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ от 20.10.2020 г. Срок действия договора со 20.10.2020 г. по 31.12.2023г.
5. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г. Срок действия соглашения с 01.08.2014 г. без ограничения срока.
6. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке от 1 августа 2016 г. Срок действия договора с 01.08.2016 г. без ограничения срока. Договор может пролонгироваться неограниченное количество раз, если ни одна из сторон не желает его расторгнуть.
7. Scopus. Scopus издательства Elsevier B.V. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2022 г. <https://www.scopus.com>
8. Wiley Online Library. Коллекция журналов Freedom Collection издательства Elsevier. Письмо РФФИ от 17.07.2010 г. № 742 о предоставлении лицензионного доступа к электронному ресурсу Freedom Collection издательства Elsevier в 2022 г. <https://onlinelibrary.wiley.com/>
9. Международное издательство Springer Nature
10. Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature в 2022 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>
11. Журналы American Physical Society
12. Базы данных APS (American Physical Society). Письмо РФФИ от 10.11.2020 г. № 1265 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных American Physical Society в 2022 г. <http://journals.aps.org/about>
13. Журналы Royal Society of Chemistry. База данных RSC DATABASE издательства Royal Society of Chemistry Письмо РФФИ от 20.10.2020 г. № 1196 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Royal Society of Chemistry в 2022 г. <http://pubs.rsc.org/>
14. Журнал Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>
15. Единое окно <http://window.edu.ru/> (интернет ресурс)
16. Дагестанский региональный ресурсный центр <http://rrc.dgu.ru/>

17. Нэикон <http://archive.neicon.ru/>

#### **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Подготовка к семинарскому занятию включает закрепление и углубление теоретических знаний. В том числе: планирование самостоятельной работы, уяснение задания; подбор литературы; составление плана работы по пунктам.

Следующий этап – непосредственная подготовка к занятию – начинается с изучения рекомендованной литературы, т.к. на лекции рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Самостоятельная работа выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Во время самостоятельной работы обучающиеся должны изучать и конспектировать учебную, научную и справочную литературу, выполнять задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовиться к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Среди учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- презентации;
- тезисы лекций,
- ресурс электронных изданий по теме.

#### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

1. Программное обеспечение для лекций: MS Power Point (MS Power Point Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS Power Point (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

#### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

1. Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков исследования свойств и обработки данных обеспечивается в лабораториях НОЦ «Нанотехнологии». При проведении занятий используются лаборатории, оснащенные современным технологическим и измерительным оборудованием.
2. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный проекционным оборудованием и интерактивной доской.