

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей
физики



Турищев С.Ю.
22.05.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.03.02 Магнитные эффекты в наноматериалах

1. Код и наименование направления подготовки: **28.04.02 Наноинженерия**
2. Профиль подготовки/специализации: *Физическая нанодиагностика и синхротронные технологии*
3. Квалификация (степень) выпускника: *магистр*
4. Форма образования: *очная*
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *кафедра общей физики*
6. Составители программы: *Требунских Сергей Юрьевич*
к.ф.-м.н.
7. Рекомендована: *НМС физического факультета протокол №5 от 22.05.2024*
8. Учебный год: *2026-2027* Семестр: **3**

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Формирование знаний о магнитных явлениях, протекающих в наноматериалах, которые вносят вклад в технологические процессы наноинженерии. Приобретение знаний о видах, составе, физико-химических свойствах магнитных наноматериалов, методов их исследования для применения в наноинженерии.

Задачи учебной дисциплины:

- получение у обучающихся представлений о физических принципах, лежащих в основе магнитных эффектов, формирование комплекса теоретических знаний о физических свойствах магнитных эффектов в наноматериалах, составляющих фундаментальную основу наноинженерии;
- знакомство с существующими моделями, теориями различных магнитных явлений и основными областями применения наноматериалов, обладающих этими явлениями;
- изучение явлений и процессов в магнитных наноматериалах, использующихся при разработке элементов и приборов наноинженерии;
- формирование навыков применения теоретических знания о физических свойствах наноматериалов, обладающих магнитными эффектами, систем для исследования важнейших физических процессов и явлений, составляющих фундаментальную основу наноинженерии;
- овладение навыками расчета параметров и характеристик приборов и устройств наноинженерии, выбора экспериментальных методов исследования, соответствующих поставленным задачам.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины и модули».

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных и профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций:

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных и профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций:

D/01.7 «Формирование новых направлений научных исследований и опытно-конструкторских разработок», D/04.7 «Определение сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ», В/02.6 «Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований» профессионального стандарта 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»;

В/01.7 «Развитие, сохранение и рациональное использование инфраструктуры материаловедческого подразделения в части, касающейся отдельной операции контроля, измерения свойств и испытания основных, вспомогательных и расходных материалов», В/05.7 «Рациональное использование, обслуживание, модернизация и настройка оборудования, обеспечивающего выполнение операций контроля, измерения свойств», С/07.7 «Освоение нового оборудования, обеспечивающего выполнение операций контроля, измерения свойств (инженерных, технологических, эксплуатационных) и испытания материалов» профессионального стандарта 40.005 «Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них».

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-1	Способен проводить анализ состояния и направлений развития современных технологических и высокоточных диагностических подходов, используемых в нанотехнологиях	ПК-1.3	Проводит фундаментальные, поисковые и научно-технические работы в областях развития нанотехнологий	<i>Знать:</i> - физические принципы, лежащие в основе магнитных эффектов в наноматериалах; - основные физико-химические свойства магнитных структур; <i>Уметь:</i> - выявлять особенности применения магнитных структур в нанотехнологиях; - проводить анализ свойств и особенностей магнитных структур; <i>Владеть:</i> - навыками использования физико-химических свойств магнитных наноструктур для применения в нанотехнологиях.
ПК-4	Готов проводить на современном мировом уровне все составные части фундаментальных, поисковых и прикладных работ в области нанотехнологий и смежных направлений, в том числе с использованием синхротронных технологий	ПК-4.1	Осуществляет все этапы выполнения научно-исследовательских, поисковых и прикладных работ в области нанотехнологий функциональных материалов и структур на их основе	<i>Знать:</i> - современные методы исследований наноматериалов с магнитными эффектами; <i>Уметь:</i> - проводить экспериментальные исследования магнитных наноматериалов, используемых в нанотехнологиях; - критически оценивать и интерпретировать экспериментальные результаты

				<i>Владеть:</i> - методами научного анализа, проведения исследований и представления результатов исследований наноматериалов с магнитными эффектами; - программными продуктами оформления и представления результатов исследования
ПК-5	Способен определять и обоснованно прогнозировать основные направления нацнотехнологического развития основных отраслей региона в масштабе связного территориального развития страны на пересечении отраслей, использующих научные, технические и технологические результаты наноинженерии	ПК-5.3	Обоснованно оптимально использует технологические и диагностические возможности региональных научных центров и предприятий в научной и инновационной деятельности национального и международного уровней	<i>Знать:</i> - явления, лежащие в основах производства и эксплуатации магнитных структур для устройств наноинженерии; <i>Уметь:</i> - выявлять особенности физико-химических свойств магнитных наноструктур для применения их в наноинженерии; <i>Владеть:</i> - навыками решения задач в области наноинженерии с использованием магнитных структур.

12 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3/108

Форма промежуточной аттестации - зачет

13 Трудоемкость по видам учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		3 сем.
Аудиторные занятия	56	56
в том числе: лекции	18	18
лабораторные работы	38	38
Самостоятельная работа	52	52
Форма промежуточной аттестации - зачет		
Итого:	108	108

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Общие сведения о магнетизме	Основные представления. Парамагнетизм Кюри. Парамагнетизм Кюри–Вейсса. Антиферромагнетизм. Ферромагнетизм и ферримагнетизм. Молекулярные магниты. Суперпарамагнетизм. Другие формы магнетизма.
1.2	Магнитные эффекты наноразмерных структур	Понятие о размерных эффектах. Концепция фрустрации. Магнитные характеристики малых кластеров. Теоретические предсказания. Экспериментальные наблюдения магнетизма кластеров. Ферромагнитный порядок в тонких пленках и монокристаллических цепочках.
1.3	Способы получения магнитных наноструктур	Получение наночастиц и плёнок с помощью методов конденсации из газовой фазы. Механические методы получения наноструктурированных материалов и механохимия. Неконденсационные методы получения частиц и плёнок. Химические методы получения наночастиц. Биологические методы получения нанобъектов. Методы формирования поверхностных наноразмерных структур. Методы формирования нанобъектов и наноструктур в твёрдых матрицах.
1.4	Методы экспериментального исследования наноразмерных магнитных структур	Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Методы силовой микроскопии. Атомно-силовая микроскопия. Магнитная силовая микроскопия. Магнитная обменно-силовая микроскопия. Магниторезонансная силовая микроскопия. Резонансные методы исследования магнитных веществ. Методы электронной микроскопии. Сканирующая СКВИД-микроскопия. Магнитометр на основе NV-центра в алмазе (diamond magnetometer)
1.5	Применение наноматериалов с магнитными эффектами в нанотехнологиях	Основные области применения магнитных материалов. Проблемы, связанные с применением магнитных наноматериалов и подходы к решению задач поставленных перед нанотехнологией.
2. Лабораторные работы		
2.1	Общие сведения о магнетизме	Исследование петли гистерезиса ферромагнетика
2.2	Магнитные эффекты наноразмерных структур	Получение ферромагнитных жидкостей на основе высокодисперсного магнетита Fe_3O_4 и исследование их свойств
2.3	Способы получения магнитных наноструктур	Синтез нанопорошков оксида железа Fe_2O_3 золь-гель методом
2.4	Методы экспериментального	Исследование магнитного порошка методами электронной микроскопии

	исследования наноразмерных магнитных структур	
2.5	Применение наноматериалов с магнитными эффектами в нанотехнологиях	Исследование магнитного материала методом Атомно-силовой микроскопии.

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего
1	Общие сведения о магнетизме	4	6	8	18
2	Магнитные эффекты наноразмерных структур	6	10	8	24
3	Способы получения магнитных наноструктур	2	10	10	22
4	Методы экспериментального исследования наноразмерных магнитных структур	4	6	14	24
5	Применение наноматериалов с магнитными эффектами в нанотехнологиях	2	6	12	20
	Итого:	18	38	52	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Магнитные эффекты в наноматериалах» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем (лекции и лабораторные работы) и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, продуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы.

Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента-магистра. Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Приступая к работе в лаборатории, студенту следует знать, что любое несоблюдение расписания занятий и дисциплины будет считаться нарушением его

служебных обязанностей. Преподаватель, который впервые встречается со студентами на вводном занятии, должен ознакомить их с общими правилами работы в лаборатории, которые они обязаны неукоснительно выполнять.

Предварительную подготовку к работе в лаборатории осуществляют в отведенное для самостоятельной работы время. Готовясь к ней, студент прежде всего должен осознать ее цель, усвоить теоретический материал, добиться четкого представления о физических процессах, которые исследуются на лабораторном занятии.

Подготовку к лабораторному занятию осуществляют в несколько этапов: предварительная подготовка, начало работы, ее выполнение, составление отчета и оценки работы преподавателем. Завершается лабораторная работа оформлением индивидуального отчета и его защитой перед преподавателем. Итоговые оценки выставляют в журнале учета выполнения лабораторных работ и учитывают при выставлении семестровой итоговой оценки по дисциплине.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации. Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы.

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Магнитные эффекты в наноматериалах» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, подготовку к лабораторным работам, подготовку к зачету.

Самостоятельная работа студента при изучении «Магнитные эффекты в наноматериалах» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 12 часов
подготовка к лабораторным работам	- 20 часов
подготовку к зачету	- 20 часов
итого - 52 часа	

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Физика магнитных явлений в вакууме и конденсированных средах: тестирование базовых знаний в курсе общей физики : учебное пособие : / В. Г. Дубровский, А. В. Топовский, Н. Б. Орлова, В. М. Ковалев ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 87 с.
2	Мушников, Н. В. Магнетизм и магнитные фазовые переходы : учебное пособие / Н. В. Мушников ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2017. – 170 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Плохов, А. В. Физические и механические свойства материалов : учебник : / А. В. Плохов, А. И. Попелюх, Н. В. Плотникова ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 342 с.
6	Преображенский, А. А. Магнитные материалы / А. А. Преображенский. – Москва : Высш. школа, 1955. – 235 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
9	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
10	https://edu.vsu.ru • Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
11	Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Илюшин, В. А. Наноматериалы : учебное пособие : / В. А. Илюшин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 114 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины:

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии по образовательным формам: лекции; лабораторные работы, индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (мультимедийный кабинет) (ауд. 135): специализированная мебель, компьютеры, ноутбуки, проектор, мультимедийное демонстрационное оборудование. Microsoft Windows 7, Windows 10, Microsoft office 2019, Corel Draw 2021.

Совместная научно-образовательная лаборатория «Атомное и электронное строение функциональных материалов» Воронежского государственного университета и Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (ауд. 122): компьютеры, ноутбуки, Установка вакуумного резистивного испарения УВН-2М, Электропечь лабораторная SNOL 0,2/1250 (SN 0.2/1250-KE), Низкотемпературная лабораторная электропечь (сушильный шкаф) SNOL20/300, Микроскоп Bresser Science MTL-201 с цифровой камерой Levenhuk M1400, Шкаф вытяжной модульный ШВМ цельнометаллический с водой 1580x750x2400, Wilsorant (1500ШВМwb), Стол весовой большой 750 СВГ -1500w-M, Стол весовой малый 750 СВГ, Весы аналитические ViBRA HT 224RCE.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий может осуществляться через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Общие сведения о магнетизме	ПК-1, ПК-4,	ПК-1.3, ПК-4.1,	Лабораторная работа 1. Опрос
2	Магнитные эффекты наноразмерных структур	ПК-1, ПК-4, ПК-5	ПК-1.3, ПК-4.1, ПК-5.3	Лабораторная работа 2. Опрос
3	Способы получения магнитных наноструктур	ПК-1, ПК-4, ПК-5	ПК-1.3, ПК-4.1, ПК-5.3	Лабораторная работа 3.
4	Методы экспериментального исследования наноразмерных магнитных структур	ПК-1, ПК-4, ПК-5	ПК-1.3, ПК-4.1, ПК-5.3	Лабораторная работа 4.
5	Применение наноматериалов с магнитными эффектами в наноинженерии	ПК-1, ПК-4, ПК-5	ПК-1.3, ПК-4.1, ПК-5.3	Лабораторная работа 5. Опрос Текущая аттестация
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет				Вопросы к зачету

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос на занятиях, выполнение лабораторных работ и текущей аттестации.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Текущая аттестация проводится в формате тестирования с использованием банка заданий фонда оценочных средств. Задание из фонда оценочных средств выбираются в соответствии с уровнем подготовки студентов. Используется задания закрытого типа (тестовые задания) и задания открытого типа (ситуационные задачи).

Банк заданий текущей аттестации (Фонд оценочных средств):

Перечень заданий для оценки уровня освоения дисциплины:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1.1. Что такое пучок заряженных частиц?
 - а) Сгусток частиц без заряда
 - б) Сгусток заряженных частиц**
 - в) Нейтральные частицы
 - г) Нейтрино
- 1.2. Какие частицы могут составлять пучок заряженных частиц?
 - а) Протоны и нейтроны
 - б) Электроны и фононы
 - в) Электроны и ионы**
 - г) Нейтрино и кварки
- 1.3. С помощью каких устройств можно получить пучок заряженных частиц?
 - а) Электроды
 - б) Ионизационные камеры
 - в) Электронные пушки**
 - г) Объективы
- 1.4. Как можно измерить пучок заряженных частиц?
 - а) Электрическим током
 - б) Методом масс-спектрометрии**
 - в) Световым потоком
 - г) Изучением механических свойств
- 1.5. Что такое вакуум?
 - а) Очень горячая среда
 - б) Среда с высоким давлением
 - в) Среда, в которой отсутствует вещество**
 - г) Среда с обильным количеством кислорода
- 1.6. Какое из следующих утверждений о вакууме является верным?
 - а) Вакуум не содержит вещества.**
 - б) Вакуум является идеальным проводником электричества.
 - с) Вакуум не обладает теплопроводностью.
- 1.7. Какое из перечисленных ниже требований не относится к основным технологическим процессам нанотехнологий?
 - а) Высокая точность

b) Масштабируемость

- c) Низкая стоимость
- d) Повторяемость

1.8. Какой метод моделирования наиболее часто используется для проектирования микро- и наносистем?

- a) **Метод конечных элементов**
- b) Метод конечных разностей
- c) Метод граничных элементов
- d) Метод молекулярной динамики

1.9. Какое из перечисленных ниже требований является наиболее важным для оборудования, используемого в нанотехнологиях?

- a) **Высокое разрешение**
- b) Высокая скорость
- c) Низкая стоимость
- d) Удобство использования

1.10. Что такое эпитаксиальный рост пленки?

- a) Рост пленки на аморфной подложке.
- b) **Рост пленки, при котором структура пленки повторяет структуру подложки.**
- c) Рост поликристаллической пленки.
- d) Рост монокристаллической пленки на другой монокристалле.

1.11. Что такое тонкая пленка?

- a) **Материал толщиной менее 100 нм.**
- b) Материал, толщина которого сравнима с длиной волны света.
- c) Материал с высокой прозрачностью.
- d) Любой материал, нанесенный на подложку

1.12. Какие методы используются для получения тонких пленок?

- a) Термическое испарение, магнетронное распыление, химическое осаждение из паровой фазы (CVD), физическое осаждение из паровой фазы (PVD).
- b) Лазерная абляция, электрохимическое осаждение, анодирование.
- c) Молекулярно-лучевая эпитаксия (MBE), плазменное напыление, ионное легирование.
- d) **Все вышеперечисленные методы**

1.13. Какие основные свойства тонких пленок изучаются?

- a) **Электрические, механические, оптические, химические.**
- b) Теплопроводность, звукоизоляция, антикоррозионные свойства.
- c) Магнитные, биологические, радиационные свойства.
- d) Термостойкость, огнестойкость, устойчивость к ультрафиолетовому излучению.

1.14. Что такое коэффициент отражения пленки?

- a) **Отношение интенсивности отраженного света к интенсивности падающего света.**
- b) Отношение амплитуды отраженной волны к амплитуде падающей волны.
- c) Отношение длины волны отраженного света к длине волны падающего света.
- d) Отношение угла падения к углу отражения.

- 1.15. Для чего используется метод четырехзондового измерения сопротивления?
- a) **Для определения удельного сопротивления пленки.**
 - b) Для измерения толщины пленки.
 - c) Для оценки качества адгезии пленки к подложке.
 - d) Для контроля однородности пленки.
- 1.16. Какой тип нанобиогибридов используется для доставки лекарственных средств?
- a) **Наночастицы с лекарственной нагрузкой**
 - b) Иммуобилизованные ферменты
 - c) Биосенсоры
 - d) Нанонити
- 1.17. Какой метод позволяет оценить биосовместимость нанобиогибридов?
- a) **Цитотоксичность**
 - b) Электронная микроскопия
 - c) Спектроскопия
 - d) Электрохимия
- 1.18. Какой из перечисленных объектов НЕ является нанобиогибридным?
- a) **Нанокристаллы**
 - b) Липосомы
 - c) ДНК-оригами
 - d) Нанопровода из белка
- 1.19. Что является источником рентгеновского излучения в рентгеновской трубке?
- a) Электронная пушка
 - b) **Анодная мишень**
 - c) Лазер
 - d) Радиоактивный источник
- 1.20. Какое из следующих применений рентгеновской спектроскопии является наиболее распространенным?
- a) Анализ элементного состава материалов
 - b) **Анализ структуры материалов**
 - c) Анализ химического состава материалов
 - d) Анализ толщины материалов
- 1.21. Какой метод моделирования наиболее часто используется для проектирования микро- и наносистем?
- a) **Метод конечных элементов**
 - b) Метод конечных разностей
 - c) Метод граничных элементов
 - d) Метод молекулярной динамики
- 1.22. Какая из перечисленных ниже программ САПР наиболее широко используется в наноинженерии?
- a) **COMSOL**
 - b) AutoCAD
 - c) SolidWorks
 - d) ANSYS
- 1.23. Какой тип сетки наиболее подходит для моделирования микро- и наносистем?

- a) **Структурированная сетка**
- b) Неструктурированная сетка
- c) Гибридная сетка
- d) Адаптивная сетка

1.24. Какой параметр сетки является наиболее важным для обеспечения точности моделирования?

- a) **Размер элемента**
- b) Форма элемента
- c) Ориентация элемента
- d) Количество элементов

1.25. Какая из перечисленных ниже граничных условий наиболее часто используется в моделировании микро- и наносистем?

- a) **Граничное условие Дирихле**
- b) Граничное условие Неймана
- c) Граничное условие Коши
- d) Граничное условие периодичности

1.26. Какой из перечисленных ниже методов контроля наиболее часто используется для измерения толщины нанопленки?

- a) **Эллипсометрия**
- b) Атомно-силовая микроскопия
- c) Рентгеновская дифракция
- d) Просвечивающая электронная микроскопия

1.27. Какая из перечисленных ниже характеристик является преимуществом атомно-силовой микроскопии?

- a) **Возможность визуализации топографии поверхности**
- b) Высокое разрешение
- c) Возможность измерения механических свойств
- d) Неразрушающий характер

1.28. Какой метод контроля наиболее подходит для измерения электрических свойств наноструктур?

- a) **Измерение проводимости**
- b) Измерение емкости
- c) Измерение индуктивности
- d) Измерение импеданса

1.29. Какая из перечисленных ниже характеристик является недостатком просвечивающей электронной микроскопии?

- a) **Необходимость подготовки тонких образцов**
- b) Высокое разрешение
- c) Возможность химического анализа
- d) Возможность трехмерной визуализации

1.30. Какой метод контроля наиболее подходит для измерения механических свойств наноструктур?

- a) **Наноиндентирование**
- b) Измерение твердости
- c) Измерение модуля упругости

d) Измерение прочности на разрыв

1.31. Какая из перечисленных ниже характеристик является преимуществом рамановской спектроскопии?

- a) **Возможность идентификации химических связей**
- b) Высокая чувствительность
- c) Неразрушающий характер
- d) Возможность измерения толщины пленки

1.32. Какой метод контроля наиболее подходит для измерения магнитных свойств наноструктур?

- a) **Магнитно-силовая микроскопия**
- b) Измерение намагниченности
- c) Измерение магнитной восприимчивости
- d) Измерение коэрцитивной силы

1.33. Какая из перечисленных ниже характеристик является недостатком сканирующей зондовой микроскопии?

- a) **Низкая скорость**
- b) Высокое разрешение
- c) Возможность измерения различных свойств
- d) Неразрушающий характер

1.34. Какой метод контроля наиболее подходит для измерения оптических свойств наноструктур?

- a) **Спектроскопия пропускания**
- b) Спектроскопия отражения
- c) Спектроскопия поглощения
- d) Спектроскопия люминесценции

1.35. Какая из перечисленных ниже характеристик является преимуществом рентгеновской дифракции?

- a) **Возможность измерения кристаллической структуры**
- b) Высокое разрешение
- c) Неразрушающий характер
- d) Возможность измерения толщины пленки

1.36. Какой тип спектральных линий характерен для атома водорода?

- a) Полосатый спектр.
- b) **Линейчатый спектр.**
- c) Непрерывный спектр.
- d) Гамма-спектр.

1.37. Какие частицы являются источником синхротронного излучения в современных источниках?

- a) Протоны.
- b) **Электроны.**
- c) Позитроны.
- d) Нейтроны.

1.38. Что такое ондулятор?

а) Устройство для создания переменного магнитного поля, используемое для генерации синхротронного излучения.

б) Тип ускорителя частиц, основанный на использовании электромагнитных полей.

с) Детектор для регистрации синхротронного излучения.

д) Источник питания для управления работой синхротрона.

1.39. Сканирующая электронная микроскопия позволяет исследовать объекты диапазон размеров структурных элементов которых находится в пределах ...

а) от 1 нм до 1 ангстрема

б) от 0,1 нм до 1 мкм

с) от 0,01 мкм до 1000 мкм

д) от 1 мкм до 1000мкм

1.40. Просвечивающая электронная микроскопия позволяет исследовать объекты диапазон размеров структурных элементов которых находится в пределах ...

а) от 1 нм до 1 ангстрема

б) от 0,1 нм до 1 мкм

с) от 0,01 мкм до 1000 мкм

д) от 1 мкм до 1000мкм

1.41. Оптическая микроскопия позволяет исследовать объекты диапазон размеров структурных элементов которых находится в пределах ...

а) от 1 нм до 1 ангстрема

б) от 0,1 нм до 1 мкм

с) от 0,01 мкм до 1000 мкм

д) от 1 мкм до 1000мкм

1.42. От каких факторов зависит яркость и контрастность изображения, получаемого методом РЭМ

а) «формы» пучка электронов, падающих на образец и характера взаимодействия электронов с образцом;

б) типа используемого детектора и физических процессов, происходящих в нем;

с) локального состава в области сканирования и топографии поверхности образца в исследуемой области.

д) все из вышеперечисленного.

1.43. При помощи каких инструментов возможно Наноманипулирование (управление отдельными атомами или молекулами).

а) Магнитный пинцет,

б) оптический пинцет

с) АСМ

д) все вышеперечисленное

1.44. Размерный эффект – это

а) зависимость свойств тела от его размера.

б) влияние размера тела на его проводимость

с) влияние внешних факторов на размер тела

1.45. Зоной Бриллюэна называется:

а) Длина волны электрона, движущегося в кристаллической структуре, определяемая отношением постоянной Планка к произведению эффективной массы электрона и его скорости

- b) **Области значений волнового вектора, k в пределах которых энергия электрона $E(k)$ являющаяся периодической функцией, k испытывает полный цикл своего изменения.**
- c) энергетический уровень изолированного атома в кристалле

1.46. Какие типы спектров существуют?

- a) Линейчатые, полосатые и непрерывные.
- b) Оптические, рентгеновские и гамма-спектры.
- c) Ультрафиолетовые, инфракрасные и видимые.
- d) **Все вышеперечисленные варианты верны.**

1.47. Какое излучение используется в ультрафиолетовой спектроскопии?

- a) Инфракрасное излучение.
- b) Видимое излучение.
- c) Рентгеновское излучение.
- d) **Ультрафиолетовое излучение.**

1.48. В чем заключается принцип действия масс-спектрометрического метода?

- a) **В разделении частиц по их массе при помощи электрического поля.**
- b) В измерении интенсивности поглощения света веществом.
- c) В исследовании магнитных свойств ядер атомов.
- d) В изучении электронных переходов в молекулах.

1.49. Чем характеризуется флуоресцентная спектроскопия?

- a) **Поглощением фотонов и последующим испусканием квантов света меньшей энергии.**
- b) Измерением времени жизни возбужденных состояний атомов и молекул.
- c) Исследованием колебаний молекул под действием внешних полей.
- d) Анализом распределения зарядов внутри атомов и молекул.

1.50. Что такое комбинационное рассеяние света (эффект Рамана)?

- a) **Изменение частоты падающего света при взаимодействии с веществом за счет передачи энергии от молекулы к световому кванту.**
- b) Явление отражения света от поверхности вещества.
- c) Процесс изменения поляризации света при прохождении через вещество.
- d) Рассеяние света на микроскопических неоднородностях среды.

2) задания с коротким ответом (ответ на задание состоит из числа, слова или словосочетания, повышенный уровень сложности):

2.1. Что такое Самосборка?

Ответ: процесс конструирования наноматериалов по принципу «снизу-вверх», основанный на самоорганизованном формировании различных нанообъектов.

2.2. Дайте определение термину «Автосборка»

Ответ: процесс конструирования наноматериалов по принципу «снизу-вверх», основанный на механосинтезе и выполняемый с использованием некоторой автоматизированной системы по заданной программе.

2.3. Суть подхода «сверху-вниз» к созданию планируемых изделий.

Ответ: подход «сверху-вниз» основан на уменьшении размеров физических тел механической или ионной обработкой, вплоть до получения объектов с

ультрамикроскопическими, нанометровыми параметрами.

2.4. В чем преимущества метода прямой лазерной наплавки?

Ответ: в сравнении с технологиями селективного лазерного спекания и сплавления, а также традиционными технологиями заключаются в отсутствии необходимости дополнительного изостатического прессования или термической обработки изделий, изготовленных методом наплавки, что существенно сокращает время их изготовления.

2.5. Перечислите основания для классификации лазеров?

Ответ: 1) агрегатное состояние их активной среды (газовые, твердотельные, жидкостные, полупроводниковые); 2) метод накачки (газоразрядные, газодинамические химические, инжекционные); 3) временной режим генерации (непрерывные, импульсные, импульсно–периодические); 4) частотный режим генерации (одночастотные, одно и многомодовые); 5) уровень выходной мощности (энергии) излучения; 6) эксплуатационные характеристики (КПД, уровень потребляемой мощности, массогабаритные параметры)

2.6. Тип лазера получил наибольшее применение в промышленных масштабах?

Ответ: Наибольшее применение в промышленных масштабах получили углекислотные лазеры (CO₂), а также твердотельные дисковые, волоконные, диодные и Nd:YAG лазеры.

2.7. Что является основным фактором, влияющим на ширину газопорошковой струи после выхода из сопла?

Ответ: Основным фактором, влияющим на ширину газопорошковой струи после выхода из сопла, является ширина щели сопла. Во время движения по каналу сопла порошинки испытывают соударения со стенками канала, при которых теряют часть нормальной по отношению к стенке скорости.

2.8. Дайте определение термину «функциональные материалы»

Ответ: материалы, обладающие определённым уровнем физико-химических и механических свойств, которые в совокупности обеспечивают использование этих материалов в качестве рабочего элемента или детали в определённом устройстве, приборе или конструкции, материалы, обладающие функцией.

2.9. Перечислите методы контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств

Ответ: Оптический контроль, Контроль физических свойств (измерение сопротивления, магнитных свойств), Аналитические методы, Сканирующая электронная микроскопия, Сканирующая туннельная микроскопия, Рентгеновская дифракция, Методы электронной спектроскопии.

2.10. Что такое миниатюризация?

Ответ: уменьшение размеров и массы элементов, приборов, устройств в результате усовершенствования их конструкции, технологий изготовления.

2.11. Дайте определение термину «Эксперимент»

Ответ: метод исследования, при помощи которого происходит активное и целенаправленное восприятие определенного объекта в контролируемых и управляемых условиях.

2.12. Дайте определение термину «Идеализация»

Ответ: метод исследования, состоящий в мысленном конструировании представления об объекте путем исключения условий, необходимых для его реального существования. По сути, идеализация представляет собой разновидность процедуры абстрагирования, конкретизированной с учетом потребностей теоретического исследования. Результатами такого конструирования являются идеализированные объекты.

2.13. Чему равен диапазон длин волн рентгеновского излучения?

Ответ: $10^{-2} - 10^2$ ангстрем или $10^{-3} - 10$ нм

2.14. Сформулируйте условие Вульфа-Брегга.

Ответ: $n\lambda = 2d\sin\theta$, где n – целое число, описывающее порядок дифракционного отражения, λ – длина волны, d – межплоскостное расстояние между отражающими плоскостями, θ – угол, который составляет падающий или дифрагированный луч с отражающей плоскостью.

2.15. В чем состоит особенность применения методов исследования для наноматериалов?

Ответ: однако у наноматериалов существует особая специфика, которая заключается в предъявлении повышенных требований к разрешающей способности методов, а именно возможность исследовать участки поверхности образцов с размерами менее 100-200 нм

2.16. Какое устройство используется для имплантации ионов в твердое тело?

Ответ: Ионный ускоритель

2.17. В каких единицах принято измерять давления в вакууме?

Ответ: Торр

2.18. Какие основные механизмы роста пленок вы знаете?

Ответ: Франка-Ван-дер-Мерве, Волмера-Вебера, Странски-Крастанова

2.19. Что такое прозрачность пленки?

Ответ: Способность пропускать электромагнитное излучение.

2.20. Какое свойство пленки можно определить с помощью сканирующей зондовой микроскопии (SPM)?

Ответ: Топографию поверхности.

2.21. Куда отправляется пучок электронов после попадания в стигматор в случае электронной микроскопии?

Ответ: на образец

2.22. В общем случае зоны, образованные отдельными уровнями, могут перекрываться, образуя...

Ответ: гибридную зону.

2.23. Какой спектроскопический метод используется для определения химического состава нанобиогибридных материалов?

Ответ: Инфракрасная спектроскопия

2.24. Примесные полупроводники, это полупроводники проводимость которых обусловлена...

Ответ: электронами атомов примеси

2.25. При низких температурах энергия тепловых колебаний решетки значительно меньше ширины ...

Ответ: запрещенной зоны

2.26. Опишите, как принцип неопределенности Гейзенберга ограничивает разрешение электронных микроскопов.

Ответ: Счетчик Гейгера

2.27. Траектория заряженных частиц в магнитном поле представляет собой

Ответ: окружность

2.28. Скорость заряженных частиц уменьшается с увеличением

Ответ: заряда частицы

2.29. Какая единица измерения используется для энергии заряженных частиц?

Ответ: Электрон-вольт

2.30. Какое устройство используется для анализа поверхности твердого тела с помощью электронов

Ответ: Сканирующий электронный микроскоп

3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

3.1. Перечислите от каких факторов зависит яркость и контрастность изображения, получаемого методом РЭМ

Ответ: «формы» пучка электронов, падающих на образец и характера взаимодействия электронов с образцом; типа используемого детектора и физических процессов, происходящих в нем; локального состава в области сканирования и топографии поверхности образца в исследуемой области.

3.2. Что такое конденсорная линза в РЭМ

Ответ: устройство необходимое для фокусировки электронного пучка, оно состоит из электромагнитов с сердечниками специальной формы, которые создают на пути электронного пучка неоднородное магнитное поле. При этом силы Лоренца, действующие на летящие электроны, смещают их к геометрической оси пучка.

3.3 Что такое Стилматор

Ответ: это устройство, являющееся частью электронного микроскопа, которое содержит несколько электромагнитов с сердечниками специальной формы. Неоднородное магнитное поле стилматора имеет такую конфигурацию, что соответствующие силы Лоренца превращают овальное сечение пучка в круговое.

3.4 Что называется Коэффициентом увеличения?

Ответ: отношение длины какого-либо отрезка на фотографии (на изображении) к истинной длине этого же отрезка на образце.

3.5. Какие факторы влияют на проявление поверхностных явлений в наночастицах?

Ответ: На проявление поверхностного эффекта в наночастице влияют её размер,

форма и окружающая среда, например, температура.

3.6. Опишите принцип работы квадрупольного масс-спектрометра

Ответ:

3.7. Объясните, как эффект Оже используется для анализа химического состава поверхности.

Ответ:

3.8. Опишите, как принцип неопределенности Гейзенберга ограничивает разрешение электронных микроскопов.

Ответ:

3.9. Что такое магнитная анизотропия?

Ответ: Способность магнита создавать вокруг себя магнитное поле

3.10. Какой из методов контроля чаще всего используется для измерения толщины пленки?

Ответ: Эллипсометрия.

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) задания с коротким ответом (ответ на задание состоит из числа, слова или словосочетания, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) характер принятого решения);
- 2 балла – задание выполнено с незначительными ошибками, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование характера принятого решения, или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;
- 0 баллов – задание не выполнено, или ответ содержательно не соотнесен с заданием, или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).

Тестирование предусматривает выполнение 10 заданий закрытого типа

(максимальное количество баллов - 10) и 8 заданий открытого типа (5 с коротким ответом и 2 ситуационных задачи) (максимальное количество баллов - 20). Если студент набрал менее 15 баллов, то ставится оценка – «не-удовлетворительно», менее 18 баллов - «удовлетворительно», менее 25 – «хорошо». Если в результате тестирования студент набирает более 25 баллов, то ставится отметка «отлично».

Перечень тем лабораторных работ

1. Лабораторная работа 1. Исследование петли гистерезиса ферромагнетика
2. Лабораторная работа 2. Получение ферромагнитных жидкостей на основе высокодисперсного магнетита Fe_3O_4 и исследование их свойств
3. Лабораторная работа 3. Синтез нанопорошков оксида железа Fe_2O_3 золь-гель методом
4. Лабораторная работа 4. Исследование магнитного порошка методами электронной микроскопии
5. Лабораторная работа 5. Исследование магнитного материала методом Атомно-силовой микроскопии.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Промежуточная аттестация в форме зачета по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств – вопросов к зачету.

Перечень вопросов к промежуточной аттестации

1. Взаимосвязь размеров и формы наночастиц с проявляемыми ими магнитными характеристиками (магнитная восприимчивость, магнитная проницаемость, спонтанная намагниченность, индукция насыщения, коэрцитивная сила). Суперпарамагнетизм в наночастицах и суперпарамагнитный предел.
2. Магнитные характеристики квантовых точек, объемных наночастиц, нанокристаллитов, нанонитей, нановискерсов и нанопроводов.
3. Магнитные характеристики наночастиц ферромагнитных металлов (Fe, Ni, Co).
4. Магнитные характеристики наночастиц бинарных композиций металлов (Fe-Ni, Fe-Co, Fe-Al, Ni-Co, Ni-Mn, Co-Sm).
5. Магнитные характеристики наночастиц простых оксидов металлов (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , NiO, Ni_2O_3 , CoO, Co_3O_4 , MnO_2 , Mn_3O_4).
6. Композитные магнитные наночастицы на основе простых оксидов металлов.
7. Магнитные характеристики наночастиц ферритов. Магнитные свойства нанопорошков ферритов-шпинелей, редкоземельных ферритов-гранатов, ортоферритов, гексагональных ферритов.
8. Магнитные характеристики наночастиц манганитов.
9. Магнитные характеристики наночастиц ферроэлектриков.
10. Магнитные характеристики нанонитей, нанопленок и наночастиц электропроводящих полимеров.
11. Магнитные характеристики углеродных наноструктур. Магнитные фуллерены, магнитные наночастицы типа ядро-углеродная оболочка, магнитные наночастицы карбидов.
12. Магнитные характеристики углеродных нанотрубок.
13. Влияние метода синтеза и обработки на магнитные свойства углеродных нанотрубок.
14. Магнитные наночастицы и нанокомпозиты на основе графена и его производных.
15. Магнитные свойства наноразмерных частиц металл@ SiO_2 или наноразмерных частиц феррит@ SiO_2 типа «ядро/оболочка».
16. Магнитные свойства наноразмерных частиц феррит@электропроводящий полимер типа «ядро/оболочка».
17. Гибридные магнитные наноструктуры и стратегии их синтеза и оптимизации свойств.

18. Феррофлюиды (феррожидкости) на основе наноразмерных магнитных частиц и их применение.
19. Функциональные композиты на основе магнитных наночастиц и их применение в микроэлектронике и электронике СВЧ.
20. Полимерные и керамические магнитные нанокомпозиты
21. Композиционные радиопоглощающие материалы на основе магнитных наноструктур и их применение в разных областях техники.
22. Применение магнитных наночастиц в медицине и биологии.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – *зачет*. Оценка за освоение дисциплины определяется ведущим дисциплину преподавателем как экспертом. В приложение к диплому вносится оценка *зачтено*.

При оценке освоения обучающегося программы дисциплины «Магнитные эффекты в наноматериалах» используются следующие критерии:

- уровень профессиональной подготовки;
- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;
- ответы на вопросы.

Уровень профессионализма (профессиональные знания, умения, навыки и компетенции) оценивается по следующим показателям:

- умение формулировать цели исследований;
- адекватное применение физико-математического аппарата для решения поставленных задач;
- адекватная рефлексия выполняемой научно-практической деятельности.

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

- «*зачтено*» выставляется при полном соответствии работы обучающегося всем вышеуказанным показателям. Соответствует повышенному, базовому и пороговому уровням сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически и в полном объеме. Данный уровень обязателен для всех осваивающих ОПОП;

- «*не зачтено*» выставляется в случае несоответствия работы обучающегося всем требуемым показателям, неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении заданий, предусмотренных программой дисциплины «Магнитные эффекты в наноматериалах».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач	Повышенный, базовый, пороговый уровни	Зачтено
Ответы на вопросы не соответствуют любым из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач	—	Не зачтено

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Магнитные эффекты в наноматериалах» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *не зачтено*.

Если обучающийся не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.