

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.03.01 Наноинженерия магнитных структур

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: *Голицына Ольга Михайловна*
к.ф.-м.н., доцент
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 в области наноинженерии, которые позволили бы понимать физические процессы в магнитных элементах наноэлектроники и перспективы их развития, укладываясь в сравнительно небольшие объемы данного курса. Создание возможно полной и целостной картины физических явлений, на которых базируются дальнейшие разработки магнитных наноматериалов.

Задачи учебной дисциплины:

- получение у обучающихся представлений о физических идеях и принципах современной наноинженерии, формирование комплекса теоретических знаний о физических свойствах низкоразмерных магнитных систем, важнейших физических процессах и явлениях, составляющих фундаментальную основу наноинженерии;
- знакомство с существующими моделями, теориями различных физических явлений и основными областями применения наноэлектронных магнитных структур;
- изучение явлений и процессов в наноструктурах, использующихся при разработке элементов и приборов наноинженерии.

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:

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 нанотехнологии	ПК-1.3	Проводит фундаментальные, поисковые и научно-технические работы в областях развития нанотехнологии	Знать: - основные физико-химические свойства магнитных структур; Уметь: - выявлять особенности применения магнитных структур в нанотехнологии; - проводить анализ свойств и особенностей магнитных структур; Владеть: - навыками использования физико-химических свойств магнитных наноструктур для применения в нанотехнологии.
ПК-3	Готов обоснованно выбирать сочетания способов решения научно-технических задач, и делать на основе полученных данных обобщенные выводы, направленные на создание новых и усовершенствование имеющихся процессов нанотехнологии, включая подготовку научных публикаций и их апробацию	ПК-3.3	Участвует в организации и проведении видов научно-исследовательской деятельности, направленных на апробацию и развитие процессов нанотехнологии	Знать: - основные методы и методики исследования магнитных и изделий на их основе; - физические принципы, лежащие в основе методов исследования магнитных структур и изделий на их основе, их достоинства и ограничения; - области применений различных магнитных структур; Уметь: - использовать изученные свойства магнитных структур для применения в различных областях нанотехнологии; Владеть: - навыками исследования свойств магнитных структур; - поиска и анализа информации, относящейся к исследуемым объектам.
ПК-5	Способен определять и обоснованно прогнозировать основные направления нанотехнологического развития	ПК-5.3	Обоснованно оптимально использует технологические и диагностические возможности региональных научных центров и предприятий в научной и	Знать: - явления, лежащие в основах производства и эксплуатации магнитных структур для устройств нанотехнологии; Уметь:

	основных отраслей региона в масштабе связанного территориального развития страны на пересечении отраслей, использующих научные, технические и технологические результаты наноинженерии		инновационной деятельности национального международного уровней	и - 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	36	36
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	Теоретические аспекты магнетизма нанобъектов	Понятие нанобъекта в магнетизме. Свойства наночастиц (суперпарамагнетизм, поверхностная магнитная анизотропия).
1.2	Магнитные свойства наночастиц	Кривая намагниченности. Медленные релаксационные процессы во внешнем магнитном поле.
1.3	Магнитные свойства нанопроволок	Анизотропное магнитосопротивление (AMR). Ферромагнитное упорядочение в нанопроволоках. Применение нанопроволок.
1.4	Магнитные свойства тонких пленок	Анизотропное магнитосопротивление (AMR) в тонких ферромагнитных пленках. Гигантское магнитосопротивление (GMR) в гранулированных структурах.
1.5	Пленки ферромагнитных металлов переходной группы. Многослойные структуры Co/Pd.	Получение многослойных структур. Зависимость магнитных свойств многослойных структур от температуры. Создание и магнитные состояния ферромагнитных частиц.
2. Лабораторные работы		
2.1	Лабораторная работа 1	Методы формирования магнитных структур (на примере фуллереновых пленок)
2.2	Лабораторная работа 2	Изготовление магнитных элементов методами оптической и электронной литографии
2.3	Лабораторная работа 3	Общая схема технологических циклов создания решеток

		ферромагнитных структур
2.4	Лабораторная работа 4	Магнитосиловая микроскопия ферромагнитных наноструктур
2.5	Лабораторная работа 5	Магнитные состояния в однослойных и двухслойных частицах

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего
1	Теоретические аспекты магнетизма нанобъектов	2	6	10	18
2	Магнитные свойства наночастиц	2	8	10	20
3	Магнитные свойства нанопроволок	4	8	10	22
4	Магнитные свойства тонких пленок	4	8	10	22
5	Пленки ферромагнитных металлов переходной группы. Многослойные структуры Co/Pd.	6	8	12	26
	Итого:	18	38	52	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Наноинженерия магнитных структур» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем 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, додуманы, 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 студента при изучении «Наноинженерия магнитных структур» 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	Луцев Л.В. Спинволновая спектроскопия магнитных наноструктур. Наноструктуры. Математическая физика и моделирование, 2009. –Т. 1, с.59-62
2	Арсеньев П.А. и др. Физико- химические основы нанотехнологии. Москва: МИРЭА, 2008.- 43 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Аплеснин С.С. Основы спинтроники. 2-у изд.- СПб.: Лань, 2010.- 288 с.
4	Борисенко В.Е. и др. Серия Нанотехнологии. Наноэлектроника: теория и практика. 3-е изд.- Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.- 366 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	Арсеньев П.А. и др. Физико- химические основы нанотехнологии. Москва: МИРЭА, 2008.- 43 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 ШБМ цельнометаллический с водой 1580x750x2400, Wilsorant (1500ШБМwb), Стол весовой большой 750 CBГ -1500w-M, Стол весовой малый 750 CBГ, Весы аналитические ViBRA HT 224RCE.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 135): специализированная мебель, компьютеры, ноутбуки с возможностью подключения к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ. WinPro 8 RUS. Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.VY3», Office Standard 2019, Microsoft Windows 7, Windows 10, Microsoft office 2019, Corel Draw 2021, Среда ORIGIN PRO 2022b SR1.

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
-------	---------------------------------	-------------	-----------------------------------	--------------------

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Теоретические аспекты магнетизма нанообъектов	ПК-1, ПК-3, ПК-5	ПК-1.3, ПК-3.3, ПК-5.3	Лабораторная работа 1. Опрос
2	Магнитные свойства наночастиц	ПК-1, ПК-3, ПК-5	ПК-1.3, ПК-3.3, ПК-5.3	Лабораторная работа 1, 2
3	Магнитные свойства нанопроволок	ПК-1, ПК-3, ПК-5	ПК-1.3, ПК-3.3, ПК-5.3	Лабораторная работа 3
4	Магнитные свойства тонких пленок	ПК-1, ПК-3, ПК-5	ПК-1.3, ПК-3.3, ПК-5.3	Лабораторная работа 4
5	Пленки ферромагнитных металлов переходной группы. Многослойные структуры Co/Pd	ПК-1, ПК-3, ПК-5	ПК-1.3, ПК-3.3, ПК-5.3	Лабораторная работа 5 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, 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 наноинженерии?

- а) Высокая точность
- б) Масштабируемость**
- с) Низкая стоимость
- д) Повторяемость

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

- а) Метод конечных элементов**
- б) Метод конечных разностей
- с) Метод граничных элементов
- д) Метод молекулярной динамики

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

- а) Высокое разрешение**
- б) Высокая скорость
- с) Низкая стоимость
- д) Удобство использования

1.10. Что такое эпитаксиальный рост пленки?

- а) Рост пленки на аморфной подложке.
- б) 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 мкм.**
- 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. Какие элементы относятся к ферромагнитным металлам переходной группы?

- a) Натрий, калий, кальций
- b) **Железо, кобальт, никель**
- c) Медь, серебро, золото
- d) Углерод, кремний, германий

1.17. Что такое электронная корреляция в контексте квантовой механики?

- a) Взаимодействие электронов с внешним полем.
- b) **Влияние движения одного электрона на движение других электронов в системе.**
- c) Вклад в энергию системы, связанный с обменом электронами между различными орбиталями.
- d) Энергия кулоновского притяжения между электронами и ядрами.

1.18. Какой метод является основным методом учёта корреляционных эффектов в рамках подхода самосогласованного поля?

- a) Метод Хартри.
- b) Метод конфигурационного взаимодействия (CI).**
- c) Метод функционала плотности (DFT).
- d) Метод Монте-Карло.

1.19. Каким образом учитываются корреляции в методе конфигурационного взаимодействия?

- a) Путём суммирования вкладов от различных конфигураций электронов.**
- b) Путём решения уравнений Хартри-Фока итеративным методом.
- c) Путём замены многоэлектронной задачи на задачу о распределении электронной плотности.
- d) Путём введения поправок к потенциалу взаимодействия.

1.20 Какой из перечисленных объектов является источником синхротронного излучения?

- a) Синхротрон**
- b) Лазер
- c) Рентгеновская трубка
- d) Радиоактивный изотоп

1.21. Какой физический процесс лежит в основе генерации синхротронного излучения?

- a) Отклонение заряженных частиц в магнитном поле**
- b) Ядерный распад
- c) Термоядерный синтез
- d) Фотоэффект

1.22. Какая из перечисленных характеристик синхротронного излучения является уникальной?

- a) Монохроматичность
- b) Поляризация
- c) Высокая интенсивность**
- d) Коллимация

1.23. Какие волновыми свойствами обладает электромагнитное излучение рентгеновского диапазона?

- a) Преломление и отражение
- b) полное внутреннее отражение
- c) полное внешнее отражение
- d) все перечисленное**

1.24. Какой прибор используется для получения рентгеновских дифракционных данных?

- a) Электронный микроскоп
- b) Дифрактометр**
- c) Спектроскоп

1.25. Какой из параметров не влияет на рентгеновский дифракционный спектр?

- a) Толщина образца
- b) Цвет образца**
- c) Угол падения излучения

1.26. Какие частицы подчиняются статистике Ферми-Дирака?

- a) Фотоны.
- b) Фермионы.**
- c) Бозоны.
- d) Лептоны.

1.27. Чему равен спин фермионов?

- a) Целому числу.
- b) Половине целого числа.**
- c) Любому рациональному числу.
- d) Любому иррациональному числу.

1.28. Что из перечисленного можно отнести к наноматериалам?

- a) Углеродные нанотрубки, металлические нанопроволоки, керамические наноструктуры.
- b) Полимерные нановолокна, графены, фуллерены.
- c) Карбоновые наноточки, квантовые точки, квантовые ямы.
- d) Все вышеперечисленные варианты.

1.29. Что такое поверхностные эффекты?

- a) Влияние границы раздела на свойства материала.
- b) Изменение свойств материала вблизи поверхности.
- c) Влияние внешней среды на свойства поверхности материала.
- d) Поверхностные эффекты означают изменение свойств материала вблизи поверхности.

1.30. Каково основное уравнение квантовой теории, описывающее поведение системы многих тел?

- a) Уравнение Шредингера.**
- b) Уравнение Дирака.
- c) Уравнение Клейна-Гордона.
- d) Уравнение Гамильтона-Якоби.

1.31. 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

1.32. Какая из перечисленных ниже программ САПР наиболее широко используется в нанотехнологиях?

- a) COMSOL**
- b) AutoCAD
- c) SolidWorks
- d) ANSYS

1.33. Какой тип сетки наиболее подходит для моделирования микро- и наносистем?

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

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

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

1.35. 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

1.36. 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

1.37. 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

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

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

1.39. 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

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

- a) **Наноиндентирование**
- b) Измерение твердости
- c) Измерение модуля упругости
- d) Измерение прочности на разрыв

1.41. 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

1.42. 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

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

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

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

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

1.45. 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

1.46. Почему метод Хартри-Фока не учитывает корреляционные эффекты?

- a) **Потому что он предполагает независимость движений электронов.**
- b) Потому что в нём используется классическая теория возмущений.
- c) Потому что этот метод основывается на упрощённых моделях взаимодействия частиц.
- d) Потому что учет корреляции требует дополнительных вычислений.

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. Неупругим типом рассеяния электромагнитного излучения с изменением длины волны называется

Ответ: Комптоновским

2.17. Упругим типом рассеяния электромагнитного излучения условием которого является малость рассеивателей называется

Ответ: Релеевское (или Релеевским)

2.18. Упругим типом рассеяния электромагнитного излучения, теория которая в том числе может быть применима к видимому спектру излучению, называется

Ответ: Томпсоновским (или Томпсона)

2.19. Что измеряется при рентгеноструктурном анализе?

Ответ: Углы дифракции.

2.20. Как называется инструмент, который используется в рентгеноструктурном анализе?

Ответ: Рентгеновский дифрактометр

2.21. Какой тип магнитной анизотропии характерен для тонких пленок?

Ответ: Формационная анизотропия

2.22. Среди множества особенностей синхротронного излучения, для изучения быстротекущих процессов используют ее структурированность во

Ответ: времени

2.23. Эммитансом называется

Ответ: расходимость пучка электронов (или расходимость пучка)

2.24. Среди вставных магнитных устройств для синхротронов принято выделять ...

Ответ: ондуляторы, вигглеры, шифтеры

2.25. В синхротронах первого поколения, синхротронное излучение являлось

Ответ: паразитным.

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

Ответ: Ионный ускоритель

2.27. В каких единицах принято измерять давления в вакууме?

Ответ: Торр

2.28. Какие основные механизмы роста пленок вы знаете?

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

2.29. Что такое прозрачность пленки?

Ответ: Способность пропускать электромагнитное излучение.

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

Ответ: Топографию поверхности.

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

Ответ: Счетчик Гейгера

2.32. Траектория заряженных частиц в магнитном поле представляет собой

Ответ: окружность

2.33. Скорость заряженных частиц уменьшается с увеличением

Ответ: заряда частицы

2.34. Какая единица измерения используется для энергии заряженных частиц?

Ответ: Электрон-вольт

2.35. 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. Опишите принцип работы квадрупольного масс-спектрометра

Ответ:

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

Ответ:

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

Ответ:

3.4. Что такое магнитная анизотропия?

Ответ: Способность магнита создавать вокруг себя магнитное поле

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

Ответ: Эллипсометрия.

3.6. Что такое электронный газ?

3.7. Что такое магнитная постоянная наночастицы?

3.8. Какие факторы влияют на магнитную силу нанонити (нанопроволоки)?

3.9. Чем отличается ферромагнетизм от антиферромагнетизма?

Ответ: Направлением магнитных моментов соседних атомов

3.10. Что такое синхротронное излучение

Ответ: магнитотормозное электромагнитное излучение, испускаемое релятивистскими заряженными частицами при изменении траектории движения

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. Методы формирования магнитных структур (на примере фуллереновых пленок)
2. Лабораторная работа 2. Изготовление магнитных элементов методами оптической и электронной литографии
3. Лабораторная работа 3. Общая схема технологических циклов создания решеток ферромагнитных структур
4. Лабораторная работа 4. Магнитосиловая микроскопия ферромагнитных наноструктур
5. Лабораторная работа 5. Магнитные состояния в однослойных и двуслойных частицах

Перечень вопросов к лабораторным работам

Лабораторная работа 1.

1. Свойства фуллереновых пленок.
2. Технологии формирования металлических наноструктур из тонких пленок.

Лабораторная работа 2.

1. Режимы электронно-лучевой литографии: определение необходимых доз, дизайн структур, проявление рисунка.
2. Методика формирования магнитных структур.

Лабораторная работа 3.

1. Создание решеток ферромагнитных материалов методом электронно-лучевой литографии.
2. Применение в электронно-лучевой литографии позитивных резистов.

Лабораторная работа 4.

1. Магнитно-силовая микроскопия ферромагнитных наноструктур.
2. Методики измерений с помощью магнитно- силового микроскопа.

Лабораторная работа 5.

1. Изготовление наночастиц с однородным состоянием намагниченности.
2. Особенности магнитостатического взаимодействия между слоями в двухслойных частицах.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме зачета по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств

Перечень вопросов к промежуточной аттестации

1. Что называется магнитными наноразмерными структурами?
2. Какие новые эффекты существуют в магнитных наноструктурах?
3. Краткое описание теоретических моделей наноразмерных магнитных структур.
4. Области применения магнитных наноструктур.
5. Особенности наноразмерных магнитных структур.
6. Магнитные свойства наночастиц намагниченность, магнитная анизотропия, коэрцитивность).
7. Какими факторами определяются магнитные свойства наночастиц?

8. Методы получения наночастиц (получение наночастиц из компактных материалов и сборка наночастиц из структурных элементов).
9. Методы получения нанопроволок. Магнитные свойства нанопроволок.
10. Перспективы исследования магнитных нанообъектов.

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 «Наноинженерия магнитных структур» 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 «Наноинженерия магнитных структур».

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 «Наноинженерия магнитных структур» 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.