

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.О.14 Синхротронные технологии в нанотехнологиях

1. Код и наименование направления подготовки: *28.04.02 Нанотехнологии*
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: *Турищев Сергей Юрьевич, д.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 базовых знаний в области применения синхротронных технологий (синхротронного излучения) для исследований широкого ряда современных перспективных наноматериалов и наноструктур.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основных физических явлений и понятий в области синхротронного излучения и его современного применения;
- изучение основных физических законов, лежащих в основе принципов применения синхротронного излучения для исследования наноматериалов и наноструктур.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: Учебная дисциплина «Синхротронные технологии в наноинженерии» относится к обязательной части блока Б1.

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)	
ОПК-1	Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области наноинженерии и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей	ОПК-1.2	Использует передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности для решения научно-технических задач наноинженерии	Знать: - историю развития синхротронных технологий; - передовой отечественный и зарубежный опыт решения научно-технических задач в области синхротронных технологий; Уметь: - использовать передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности

				сти; <i>Владеть:</i> - передовым отечественным и зарубежным опытом в профессиональной сфере деятельности;
ПК-3	Готов обоснованно выбирать сочетания способов решения научно-технических и технологических 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-3.2	Подбирает эффективное сочетание технологических решений и высокоточных методов диагностики, в том числе на основе использования синхротронного излучения для решения задач нанотехнологии функциональных наноматериалов	<i>Знать:</i> - физические явления и понятия в области синхротронного излучения и его современного применения; <i>Уметь:</i> - разбирать и понимать информацию полученную в результате применения синхротронного излучения, с учетом его специфики и специфики изучаемого объекта; <i>Владеть:</i> - основными подходами к изучению локального атомного и электронного строения, фазового состава поверхности и приповерхностных слоев при помощи расширенного функционала методов использующих синхротронное излучение.
ПК-4	Готов проводить на современном мировом уровне все составные части фундаментальных, поисковых и прикладных работ в области нанотехнологии и смежных направлений, в том числе с использованием синхротронных технологий	ПК-4.3	Активно использует синхротронные технологии отечественных и зарубежных установок класса «мегасайенс»	<i>Знать:</i> - основные физические законы, лежащие в основе принципов применения синхротронного излучения для исследования наноматериалов и наноструктур; <i>Уметь:</i> - выбирать способ применения синхротронного излучения для проведения эффективной диагностики наноматериала или наноструктуры. <i>Владеть:</i> - основными принципами генерации синхротронного излучения.
ПК-6	Способен рационально использовать и развивать отдельные элементы и инфраструктуру в целом используемых ресурсных и инфраструктурных решений в масштабах от рас-	ПК-6.3	Владеет актуальной информацией и первичными навыками использования инфраструктуры синхротронных центров для решения актуальных диагностических и исследовательских задач в нанотехнологии	<i>Знать:</i> - явления, которые лежат в основе современного применения синхротронного излучения; <i>Уметь:</i> - идентифицировать полученную в результате применения синхротронного излучения информацию, с

	пределенных до локализованных исследовательских центров в области высокоточной диагностики и исследований объектов нанотехнологии, включая установки класса «мегасайенс»			учетом его специфики и специфики изучаемого объекта; Владеть: - методами использования инфраструктуры синхротронных центров для решения актуальных диагностических и исследовательских задач в нанотехнологии.
--	--	--	--	--

12 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72

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 занятия	18	18
Самостоятельная работа	36	36
Форма промежуточной аттестации - зачет		
Итого:	72	72

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Синхротронное излучение	Физические основы синхротронного излучения. Основные принципы генерации синхротронного излучения. Поколения накопительных колец.
1.2	Расширение традиционных методов при использовании синхротронного излучения	Физические основы применения синхротронного излучения как расширения функционала методов рентгеновской и электронной спектроскопии. Спектроскопия.
1.3	Применение синхротронного излучения	Применение синхротронного излучения для диагностики твердых тел, наноструктур и наноматериалов.
2. Лабораторные работы		
2.1	Синхротронное излучение	Лабораторная работа 1. <i>Изучение основных компонентов синхротронной станции.</i>
2.2	Расширение традиционных методов при использовании синхротронного излучения	Лабораторная работа 2. <i>Исследование наноструктур синхротронным методом XANES</i>
2.3	Применение синхротронного излучения	Лабораторная работа 3. <i>Исследование наноструктур синхротронным методом XPS</i>

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего
1	Синхротронное излучение	6	6	12	24
2	Расширение традиционных методов при использовании синхротронного излучения	6	6	12	24
3	Применение синхротронного излучения	6	6	12	24
	Итого:	18	18	36	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Синхротронные технологии в наноинженерии» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из трех частей: обучения студентов преподавателем, лабораторные занятия 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.

Лабораторное занятие является эффективной формой организации учебного процесса в высшем учебном заведении, которая основывается на самостоятельной работе студентов. Лабораторные занятия не только закрепляют теоретические знания, но и позволяют студенту глубоко изучать механизм применения этих знаний, овладевать важным для специалиста умением интеллектуального проникновения в те процессы, которые исследуют на лабораторном занятии. Под влиянием этой формы занятий студентов часто возникают новые идеи научного и технического характера, которые используются в курсовых, квалификационных, дипломных работах. Лабораторные занятия в значительной степени обеспечивают отработку умений и навыков принятия практических решений в научной и производственной деятельности.

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.

С целью качественного выполнения лабораторной работы преподаватели проверяют готовность студентов. Это происходит в форме беседы с каждым студентом, в процессе которой выявляют знания теоретического материала по теме работы, или в форме компьютерного тестирования по этим же вопросам. Таким образом выявляют уровень теоретической подготовки студентов, практические навыки, умение применять знания для решения практических задач.

Успех проведения конкретного лабораторного занятия зависит от его подготовки, которая включает: глубокое изучение студентами теоретического материала; подготовку необходимой учебно-материальной базы и документации (инструкций, методических разработок и т.п.); подготовку преподавателя и студентов.

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-магистра при изучении дисциплины «Синхротронные технологии в нанотехнологиях» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса (в том числе, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы), подготовку к практическим занятиям, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении «Синхротронные технологии в нанотехнологиях» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 6 часа
подготовка к лабораторным занятиям	- 18 часов
подготовку к зачету	- 12 часов
итого - 36 часов	

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Фетисов Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры ве-

	ществ / Г.В. Фетисов. - М. : Физматлит, 2007. - 672 с. ISBN 978-5-9221-0805-8.
2	Спектроскопия рентгеновского поглощения наноструктурированных материалов Часть 1. С. Ю. Турищев, В. А. Терехов, О. А. Чувенкова, Э. П. Домашевская // Учебное пособие для вузов. Воронежский государственный университет. - Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015, - С.42. ISBN 978-5-9273-2268-8

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Михайлин В. В. Синхротронное излучение / В. В. Михайлин, И.М. Тернов. - М. : Знание, 1988. - 64 с.
2	Koningsberger D. C. X-Ray Absorption: Principles, Applications, Techniques of EXAFS, SEXAFS and XANES / D. C. Koningsberger, R. Prins. - New York: John Wiley and Sons, 1987. - p. 688

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
2	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
3	Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Фетисов Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ / Г.В. Фетисов. - М. : Физматлит, 2007. - 672 с. ISBN 978-5-9221-0805-8.
2	Спектроскопия рентгеновского поглощения наноструктурированных материалов Часть 1. С. Ю. Турищев, В. А. Терехов, О. А. Чувенкова, Э. П. Домашевская // Учебное пособие для вузов. Воронежский государственный университет. - Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015, - С.42. ISBN 978-5-9273-2268-8

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.

Лаборатория фотоэмиссионной спектроскопии и синхротронных исследований (ауд. 40/5): Уникальный модульный спектроскопический комплекс в

ультрамягкой рентгеновской области, Модульная синхротронно-лабораторная исследовательская станция в ультрамягком рентгеновском синхротронном диапазоне.

Совместная научно-образовательная лаборатория «Атомное и электронное строение функциональных материалов» Воронежского государственного университета и Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (ауд. 122): Микроскоп Bresser Science MTL-201 с цифровой камерой Levenhuk M1400, Весы аналитические ViBRA HT 224RCE, Многофункциональный рентгеновский дифрактометр исследовательского класса с высокоточным вертикальным гониометром.

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	Синхротронное излучение	ОПК-1	ОПК-1.1	Лабораторная работа 1. Опрос
2	Расширение традиционных методов при использовании синхротронного излучения	ПК-3, ПК-4, ПК-6	ПК-3.2, ПК-4.3, ПК-6.3	Лабораторная работа 2. Опрос
3	Применение синхротронного излучения	ПК-3, ПК-4, ПК-6	ПК-3.2, ПК-4.3, ПК-6.3	Лабораторная работа 3. 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

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе опросов, текущей аттестации и лабораторных занятий.

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, мини-кейсы)

Банк заданий для текущей аттестации:

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

1.1. Нанoeлектроника — это область микроэлектроники, в которой имеют дело с

длинами/перемещениями величиной менее:

- a) 1 мкм
- b) 0,1 мкм
- c) 10 нм
- d) 1 нм**
- e) длины волны де Бройля

1.2. На каком этапе развития находится современная электроника:

- a) 1-м
- b) 2-м
- c) 3-м
- d) 4-м
- e) 5-м
- f) 6-м**

1.3. Какие свойства электрона проявляются по мере приближения размеров твердотельных структур к нанометровой области:

- a) корпускулярные
- b) волновые
- c) электрические

1.4. В каком году был изобретен транзистор:

- a) 1945
- b) 1947**
- c) 1949
- d) 1951
- e) 1953

1.5. В каком году была изобретена ИС:

- a) 1953
- b) 1955
- c) 1957
- d) 1959**
- e) 1961

1.6. Кто из перечисленных ниже ученых является лауреатом Нобелевской премии по физике:

- a) Ландау
- b) Капица
- c) Басов
- d) Прохоров
- e) Алферов**

1.7. Что такое планарная технология?

- a) технология создания плоских фигур
- b) технология последовательного создания элементов на плоскости
- c) технология последовательного создания элементов в тонком приповерхностном слое
- d) технология одновременного создания элементов в тонком приповерхностном слое**

1.8. На каком из принципов основана работа МЭМС-гироскопов:

- a) ускорения
- b) вибрации
- c) вращения
- d) поворота
- e) **Кориолиса**

1.9. Какие из перечисленных приборов не относятся к приборам нанотехнологий:

- a) диод
- b) **триод**
- c) транзистор
- d) теристор
- e) резистор

1.10. Основной характеристикой МДП-структуры является:

- a) p-n-переход
- b) исток
- c) сток
- d) **вольт-амперная характеристика**

1.11. Время релаксации – это

- a) кинетическая энергия в форме колебательного движения, при превосхождении которой некоторое пороговое значение
- b) расстояние между соседними атомами кристаллической структуры, в которой инициируется векторизованное движение микрочастицы по пространственному направлению, соответствующему геометрической координате {x} (рассматривается одномерное приближение)
- c) **период времени, за который амплитудное значение возмущения в выведенной из равновесия физической системе уменьшается в e раз**

1.12. У МДП -транзистора 3 контакта, они называются ...

- a) эмиттер, исток, сток
- b) **затвор, сток, исток**
- c) эмиттер, база, коллектор

1.13. Фотодиоды - это

- a) устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет возникающему в переходе свету излучаться в окружающее пространство
- b) **устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет внешнему свету проникать в переход**

1.14. Светодиоды – это

- a) **устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет возникающему в переходе свету излучаться в окружающее пространство**
- b) устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет внешнему свету проникать в переход

1.15. Что такое p-n-переход?

- a) **полупроводниковая структура в которой находится область соприкосновения двух полупроводников с разными типами проводимости — дырочной и электронной**

- b) область диффузии электронов
 - c) полупроводник, обладающий одновременно носителями положительных и отрицательных зарядов
- 1.16. 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.**
- 1.17. Какое излучение используется в ультрафиолетовой спектроскопии?
- a) Инфракрасное излучение.
 - b) Видимое излучение.
 - c) Рентгеновское излучение.
 - d) **Ультрафиолетовое излучение.**
- 1.18. 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.
- 1.19. 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.
- 1.20. 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.
- 1.21. Какой тип спектральных линий характерен для атома водорода?
- a) Полосатый спектр.
 - b) **Линейчатый спектр.**
 - c) Непрерывный спектр.
 - d) Гамма-спектр.
- 1.22. Какие частицы являются источником синхротронного излучения в современных источниках?
- a) Протоны.
 - b) **Электроны.**
 - c) Позитроны.
 - d) Нейтроны.
- 1.23. Что такое ондулятор?
- a) **Устройство для создания переменного магнитного поля, используемое для генерации синхротронного излучения.**

- b) Тип ускорителя частиц, основанный на использовании электромагнитных полей.
- c) Детектор для регистрации синхротронного излучения.
- d) Источник питания для управления работой синхротрона.

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

- a) от 1 нм до 1 ангстрема
- b) от 0,1 нм до 1 мкм
- c) от 0,01 мкм до 1000 мкм**
- d) от 1 мкм до 1000 мкм

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

- a) от 1 нм до 1 ангстрема
- b) от 0,1 нм до 1 мкм**
- c) от 0,01 мкм до 1000 мкм
- d) от 1 мкм до 1000 мкм

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

- a) от 1 нм до 1 ангстрема
- b) от 0,1 нм до 1 мкм
- c) от 0,01 мкм до 1000 мкм
- d) от 1 мкм до 1000 мкм**

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

- a) «формы» пучка электронов, падающих на образец и характера взаимодействия электронов с образцом;
- b) типа используемого детектора и физических процессов, происходящих в нем;
- c) локального состава в области сканирования и топографии поверхности образца в исследуемой области.
- d) все из вышеперечисленного.**

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

- a) Магнитный пинцет,
- b) оптический пинцет
- c) АСМ
- d) все вышеперечисленное**

1.29. Размерный эффект – это

- a) зависимость свойств тела от его размера.**
- b) влияние размера тела на его проводимость
- c) влияние внешних факторов на размер тела

1.30. Зоной Бриллюэна называется:

- a) 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.**

с) энергетический уровень изолированного атома в кристалле

1.31. Какой тип нанобиогибридов используется для доставки лекарственных средств?

- a) **Наночастицы с лекарственной нагрузкой**
- b) Имобилизованные ферменты
- c) Биосенсоры
- d) Нанонити

1.32. Какой метод позволяет оценить биосовместимость нанобиогибридов?

- a) **Цитотоксичность**
- b) Электронная микроскопия
- c) Спектроскопия
- d) Электрохимия

1.33. Какой из перечисленных объектов НЕ является нанобиогибридным?

- a) **Нанокристаллы**
- b) Липосомы
- c) ДНК-оригами
- d) Нанопровода из белка

1.34. Что является источником рентгеновского излучения в рентгеновской трубке?

- a) Электронная пушка
- b) **Анодная мишень**
- c) Лазер
- d) Радиоактивный источник

1.35. 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

1.36. 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.

1.37. 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.

1.38. 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.

1.39. 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.

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

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

1.41. Какие частицы подчиняются статистике Ферми-Дирака?

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

1.42. Чему равен спин фермионов?

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

1.43. 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.

1.44. 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.

1.45. Какой из перечисленных объектов является источником синхротронного излучения?

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

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

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

1.47. Какая из перечисленных характеристик синхротронного излучения является уникальной?

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

1.48. Какие волновыми свойствами обладает электромагнитное излучение рентгеновского диапазона?

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

1.49. Какой прибор используется для получения рентгеновских дифракционных данных?

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

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

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

1.51. Какие элементы относятся к ферромагнитным металлам переходной группы?

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

1.52. Поток газа

- a) это количество газа, проходящего через данное сечение трубопровода в единицу времени.
- b) остаточное давление, которое может быть обеспечено насосом
- c) допустимое (наибольшее) выпускное давление на выходе насоса, дальнейшее повышение которого нарушает нормальную работу, а также состав остаточной атмосферы.

1.53. К чему может привести попадание влаги механический насос?

- a) Образование трудноразделимой эмульсии масло — вода
- b) Повышение предельного остаточного давления
- c) Коррозия отдельных деталей насоса
- d) Выход насоса из строя
- e) Все вышеперечисленное

- 1.54. К чему может привести и почему уменьшается уровень масла в насосе?
- a) насос не обеспечивает необходимого предельного остаточного давления
 - b) насос выходит из строя
 - c) насос продолжает работать
- 1.55. Величина предельного вакуума достигаемого механическим насосом?
- a) 10^{-1} Па
 - b) 10^{-10} Па
 - c) 10^{-4} Па
 - d) 10^{-5} Па
- 1.56. К методам течеискания не относится:
- a) Опрессовка
 - b) Манометрический
 - c) Масс-спектрометрический
 - d) Электронный
- 1.57. Плотность состояний – это...
- a) число энергетических состояний в системе размерности, приходящихся на единичный интервал энергии в расчете на единицу объема.
 - b) отношение дрейфовой скорости носителей к электрическому полю.
 - c) наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.
- 1.58. Подвижность - это...
- a) число энергетических состояний в системе размерности, приходящихся на единичный интервал энергии в расчете на единицу объема.
 - b) отношение дрейфовой скорости носителей к электрическому полю.
 - c) наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.
- 1.59. Квантовая нить – это ...
- a) число энергетических состояний в системе размерности, приходящихся на единичный интервал энергии в расчете на единицу объема.
 - b) наноструктура в виде пленки, толщина которой соизмерима с длиной волны де Бройля
 - c) наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.
- 1.60. Квантовая точка – это...
- a) наноструктура в виде пленки, толщина которой соизмерима с длиной волны де Бройля
 - b) наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.
 - c) наноструктура, в которой движение носителей ограничено по всем пространственным степеням свободы.
- 1.61. Для чего используется метод люминесцентной спектроскопии?
- a) Для определения концентрации примеси в материале.
 - b) Для изучения структуры кристаллических решеток.
 - c) Для измерения механических напряжений в материале.
 - d) Для анализа тепловых свойств материалов

1.62. Какой метод используется для исследования топографии поверхности материалов?

- a) Электронная микроскопия высокого разрешения.
- b) Оптическая когерентная томография.
- c) Атомно-силовая микроскопия.
- d) Конфокальная микроскопия.

1.63. Какое устройство используется в дифференциальной спектрофотометрии для сравнения двух образцов?

- a) Двухлучевой спектрофотометр.
- b) Однолучевой спектрофотометр.
- c) Фотоумножитель.
- d) Спектральный фильтр.

1.64. Для чего используется метод Фурье-преобразования в Фурье-спектроскопии?

- a) Для фильтрации шумов в сигнале.
- b) Для расчета интеграла свертки сигналов.
- c) Для перехода из временной области в пространственную.
- d) Для перевода данных из временного представления в частотное

1.65. Какой диапазон длин волн охватывает Фурье-инфракрасная спектроскопия (FTIR)?

- a) От 0.01 до 400 мкм.
- b) От 0.75 до 25 мкм.
- c) От 200 до 25000 нм.
- d) От 700 до 1100 нм.

1.66. Что такое внутренний фотоэффект?

- a) Испускание электронов с поверхности полупроводника под действием света.
- b) Переход электронов из валентной зоны в зону проводимости под действием света.
- c) Генерация свободных носителей заряда в полупроводнике под действием тепла.
- d) Генерация фотонов при рекомбинации электронов и дырок

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

2.1. Неупругим типом рассеяния электромагнитного излучения с изменением длины волны называется

Ответ: Комптоновским

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

Ответ: Релеевское (или Релеевским)

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

Ответ: Томпсоновским (или Томпсона)

2.4. Что измеряется при рентгеноструктурном анализе?

Ответ: Углы дифракции.

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

Ответ: Рентгеновский дифрактометр

2.6. Какой тип магнитной анизотропии характерен для тонких пленок?

Ответ: Формационная анизотропия

2.7. Среди множества особенностей синхротронного излучения, для изучения быстропротекающих процессов используют ее структурированность во

Ответ: времени

2.8. Эммитансом называется

Ответ: расходимость пучка электронов (или расходимость пучка)

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

Ответ: ондуляторы, вигглеры, шифтеры

2.10. В синхротронах первого поколения, синхротронное излучение являлось

Ответ: паразитным.

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

Ответ: на образец

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

Ответ: гибридную зону.

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

Ответ: Инфракрасная спектроскопия

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

Ответ: электронами атомов примеси

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

Ответ: запрещенной зоны

2.16. Перечислите основные структуры наноэлектроники

Ответ: Квантовые нити, квантовые точки, тонкие пленки, гетероструктуры, МДП-структуры, нанопорошки,

2.17. Дайте определение понятию «туннелирование носителей зарядов»

Ответ: туннелирование означает перенос частицы через область, ограниченную потенциальным барьером, высота которого больше полной энергии данной частицы ($E < U_0$) (или проникновение в эту область).

2.18. Дайте определение термину «сверхрешетки»

Ответ: монокристаллическую пленку из одного материала, воспроизводящую постоянную решетки монокристаллической подложки из другого материала.

2.19. В каком случае образуются квантовые ямы

Ответ: для носителей зарядов образуется в структурах, состоящих из полупроводников с различной шириной запрещенной зоны, в которых наноразмерная область из материала с меньшей шириной запрещенной зоны (квантовая яма) находится между областями материала с большей шириной запрещенной зоны (потенциальные барьеры или стенки ямы).

2.20. Что такое электронно-лучевая литография?

Ответ: метод изготовления субмикронных и наноразмерных топологических элементов посредством экспонирования электрически чувствительных поверхностей электронным лучом.

2.21. Дайте определение термину «наносистема»

Ответ: материальный объект в виде упорядоченных или самоупорядоченных, связанных между собой элементов с нанометрическими характеристическими размерами, кооперация которых обеспечивает возникновение у объекта новых свойств, проявляющихся в виде явлений и процессов, связанных с проявлением наномасштабных факторов.

2.22. Дайте определение термину «наноматериалы»

Ответ: вещества и композиции веществ, представляющие собой искусственно или естественно упорядоченную или неупорядоченную систему базовых элементов с нанометрическими характеристическими размерами и особым проявлением физического и (или) химического взаимодействий при кооперации наноразмерных элементов, обеспечивающих возникновение у материалов и систем совокупности ранее неизвестных механических, химических, электрофизических, оптических, теплофизических и других свойств, определяемых проявлением наномасштабных факторов.

2.23. Дайте определение термину «Интерполяция».

Ответ: способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений.

2.24. Что такое аппроксимация функциональных зависимостей?

Ответ: это получение некоторой конкретной функции, вычисленные значения которой с некоторой точностью (приближением) аналогичны аппроксимируемой зависимости,

2.25. Что такое пьезоэффект?

Ответ: обратимая электромеханическая связь электрической поляризации (индукции) и механических деформаций (напряжений) в анизотропных диэлектрических средах, обладающих определённой кристаллической структурой и симметрией.

2.26. В каком диапазоне длин волн генерируется синхротронное излучение?

Ответ: диапазон длин волн синхротронного излучения занимает от ИК – излучения (нм) до гамма-излучения

2.27. Что такое волна де Бройля?

Ответ: волна вероятности, определяющая плотность вероятности обнаружения объекта в заданном интервале конфигурационного пространства

2.28. Что такое ВАХ транзистора?

Ответ: ВАХ или вольтамперная характеристика - функция, описывающая эту зависимость, и график этой функции.

2.29. Что такое спектроскопия?

Ответ: раздел физики, посвящённый изучению спектров электромагнитного излучения, которые возникают при воздействии электромагнитного излучения различных диапазонов энергий на материал вещество.

2.30. Свеллинг - увеличение объема приповерхностного слоя за счет

Ответ: радиационного порообразования.

2.31. Попадание твердых предметов в рабочую камеру насоса приводит к

Ответ: его поломке.

2.32. Сверхвысокий вакуум возможен при давлении 10 в степени ____ мм.рт.ст.

Ответ: -10

2.33. Процесс фотоэлектронной эмиссии описывается уравнением Эйнштейна в котором $h\nu$ – это

Ответ: Энергия падающего кванта

2.34. Какие носители заряда участвуют в процессе внутреннего фотоэффекта в полупроводниках?

Ответ: Электроны и вакансии (или электроны и дырки)

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

3.1. Что такое электронный газ?

3.2. Что такое магнитная постоянная наночастицы?

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

3.4. Чем отличается ферромагнетизм от антиферромагнетизма?

Ответ: Направлением магнитных моментов соседних атомов

3.5. Что такое синхротронное излучение

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

3.6. 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.

3.7. 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.

3.8 Что такое Стигматор

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

3.9 Что называется Коэффициентом увеличения?

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

3.19. 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.

3.20. Как влияет облучение ионами на диффузию атомов в кристалле?

3.21. К чему обычно приводит наличие селективного травления?

3.22. Какова основная причина значительного увеличения проводимости при больших дозах имплантации в полимеры?

3.23. В чем состоят основные преимущества метода ионной имплантации

Ответ: Возможность точного контроля количества введенных атомов примеси простым интегрированием ионного тока. Малое время процесса введения примесей. Чистота технологии из-за применения масс-сепарации примесей в ускорителе. Возможность создания строго локализованных легированных областей в кристалле, в том числе с субмикронными размерами и трехмерной локализацией. Низкая температура мишени. Возможность легирования через тонкие пассивирующие слои. Возможность создания пересыщенных, по сравнению с равновесными, твердых растворов. Многоступенчатая имплантация, позволяющая посредством изменения ускоряющего напряжения выбрать профиль распределения имплантированных примесей. Возможность получения заглубленных слоев.

3.24. Классификация вакуумных насосов.

Ответ: Механические, маслянные, пластинчато-роторные, Пароструйные вакуумные насосы, сорбционные вакуумные насосы, криогенные вакуумные насосы,

3.25. Принцип действия пластинчато-роторных насосов?

3.26. Принцип работы пластинчато-статорных насосов?

3.27. Вакуумные насосы по назначению подразделяются на ...

Ответ: сверхвысоковакуумные, высоковакуумные, средневакуумные и низковакуумные

3.28. Что такое дифракционный предел?

3.29. Перечислите основные свойства Синхротронного излучения

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 2 задания открытого типа с коротким ответом 4 задания открытого типа (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 занятий

1. Лабораторная работа 1. Изучение основных компонентов синхротронной станции.
2. Лабораторная работа 2. Исследование наноструктур синхротронным методом XANES
3. Лабораторная работа 3. Исследование наноструктур синхротронным методом XPS

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме зачета по дисциплине осуществляется с помощью вопросов к зачету

Перечень вопросов к зачету:

1. История открытия синхротронного излучения. Теоретическое предсказание. Экспериментальное подтверждение. Теоретическое описание основных свойств синхротронного излучения.
2. Получение синхротронного излучения. Критическая энергия спектра синхротронного излучения. Характеристики излучения фотонов. Поляризация синхротронного излучения. Временная структура синхротронного излучения.
3. Поколения источников синхротронного излучения. "паразитическое использование" - первое поколение. Накопительные кольца второго поколения. Устройство поворотного магнита.
4. Третье поколение источников синхротронного излучения - современные источники. Вставные устройства. Расширение возможностей источников. Четвертое поколение. Линейные ускорители.
5. Каналы вывода синхротронного излучения. Основные элементы и назначение. Управление каналами. Принципы построения и использования экспериментальных станций.
6. Рентгеноструктурный анализ с использованием синхротронного излучения. Рентгеновская и электронная спектроскопия: принципы, возможности и их расширение с использованием синхротронного излучения.
7. Спектроскопия поглощения.
8. Фотоэлектронная спектроскопия.
9. Микроскопические методы.
10. Возможности использования синхротронного излучения в различных областях науки и техники.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет. В приложение к диплому вносится оценка *зачтено*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Синхротронные технологии в нанотехнологиях» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы к зачету;

- полнота ответов на дополнительные вопросы.

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

- оценка «*зачтено*» выставляется студенту, если он правильно выполняет задания;
- оценка «*незачтено*» выставляется студенту, если он не выполняет или допускает грубые ошибки при выполнении большинства заданий.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Синхротронные технологии в нанотехнологиях» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *незачтено*.

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.

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

Материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

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