

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.07 ФИЗИКА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР

Направление подготовки (специальность) 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Профиль подготовки (специализация)

Форма обучения очная

Год набора 2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили
доцент, к.ф.-м.н. Тарасов А.С.

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины:

Ознакомить студентов с методами получения и исследования наноматериалов, оценить особенности их свойств и структуры.

1.2 Задачи изучения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности в качестве физика, а также получить сведения об особенностях исследования наноматериалов в конкретных технологиях.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы высшего образования:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства	
ПК-3.1 Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств	Знать особенности свойств и структуры наноматериалов; классифицию материалов по размерам, форме и структуре; методы получения и исследования наноматериалов.
ПК-3.2 Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства	Знать основные принципы и особенности разнообразных подходов синтеза наноматериалов; Уметь анализировать и описывать свойства наноматериалов; Владеть представлениями об особенностях исследования наноматериалов в конкретных технологиях.

Дисциплина реализуется без применения ЭО и ДОТ

2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		8
Общая трудоемкость дисциплины	4 (144)	4 (144)
Контактная работа с преподавателем:	2 (72)	2 (72)
занятия лекционного типа	1 (36)	1 (36)
практические занятия	1 (36)	1 (36)
Самостоятельная работа обучающихся	1 (36)	1 (36)
Вид промежуточной аттестации (Экзамен)	36	Экзамен

3 Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Вид работ	Темы занятия	Объем часов	Семестр /курс	Часы в эл. формате
Раздел 1. Введение в мир наноматериалов. История развития технологий получения наноматериалов.					
1.	Лек	Классификация материалов по размерам, форме и структуре: кристаллические, поликристаллические, аморфные твердые тела; объемные материалы, тонкие пленки, наночастицы и наноструктуры. Путь развития технологий получения нано-материалов. Обзор методов синтеза кристаллических материалов: рост кристаллов и тонких кристаллических пленок, получение наночастиц, методы литографии и травления материалов.	6	8	
2.	Пр	Путь становления технологий получения наноматериалов. Поверхностный плазмонный резонанс в растворах «рубинового» золота. Классификация наноматериалов. Различия физических свойств наноматериалов в сравнении с объёмными материалами.	6	8	
3.	Ср	Самостоятельная работа	6	8	
Раздел 2. Обзор современных нанотехнологий и перспективы их развития.					
1.	Лек	Обзор современных методов получения и исследования наноматериалов: молекулярно-лучевая эпитаксия, плазмо-химическое реактивное осаждение, осаждение металлоорганических соединений из газообразной фазы, атомно-слоевое осаждение; фотолитография, лазерная и электронная литография; жидкостное и сухое травление; рентгеноструктурный анализ, электронная и атомно-силовая микроскопия.	6	8	
2.	Пр	Методы получения и наноматериалов: подходы снизу вверх и сверху вниз. Дефекты роста при молекулярно-лучевой эпитаксии. Осаждение металлоорганических соединений из газообразной фазы и атомно-слоевое осаждение. Скорость конденсации.	6	8	
3.	Ср	Самостоятельная работа	6	8	
Раздел 3. Методы получения наноматериалов.					
1.	Лек	Основные принципы и особенности разнообразных подходов синтеза наноматериалов: молекулярно-лучевая эпитаксия, плазмо-химическое реактивное осаждение, осаждение металлоорганических соединений из газообразной фазы, атомно-слоевое осаждение	8	8	
2.	Пр	Методы исследования наноматериалов. Определение артефактов СЗМ изображений. Взаимодействие электронов различных энергий с атомами образца. Рентгеноструктурный анализ наноматериалов.	8	8	
3.	Ср	Самостоятельная работа	6	8	
Раздел 4. Методы создания субмикронных планарных и вертикальных структур.					
1.	Лек	Фотолитография, лазерная и электронная литография как основные методы создания наноструктур. Альтернативные методы модификации поверхности и нанесения резистивных масок: импринт литография, локальное анодное окисление, перьевая нанолитография. Травление материалов: жидкостное химическое, сухое плазменно-химическое и реактивное, сухое ионное.	8	8	
2.	Пр	Методы модификации поверхности и нанесения резистивных масок: импринт литография, локальное анодное окисление, перьевая нанолитография. Методы травления материалов.	8	8	
3.	Ср	Самостоятельная работа	8	8	
Раздел 5. Методы исследования наноматериалов.					

1.	Лек	Основные методы исследования и характеристики нанструктур: рентгеноструктурный анализ, просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия, атомно-силовая и тун-нельная микроскопия. Основные подходы исследования физических свойств наноматериалов и отличия от таковых для объемных материалов.	8	8	
2.	Пр	Практическое применение 0-D наноматериалов. Практическое применение 1-D наноматериалов. Практическое применение 2-D наноматериалов. Перспективы применения и возможные опасности распространения наноматериалов.	8	8	
3.	Ср	Самостоятельная работа	10	8	
4.	Экзамен	Экзамен	36	8	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Капитонов А. М., Редькин В. Е. Физико-механические свойства композиционных материалов. Упругие свойства [Электронный ресурс]: монография. - Красноярск: СФУ, 2013. - 531 с. – Режим доступа: <http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-935934.pdf>.

2. Барыбин А. А., Томилин В. И., Томилина Н. П. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов по специальностям "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" и "Проектирование и технология электронно-вычислительных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств", 03.06.2010 г.. - Красноярск: Сибирский федеральный университет [СФУ], 2011. - 243 с. – Режим доступа: <http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/b32/0233294.pdf>.

3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Электронный ресурс]:. - Москва: Физматлит, 2009. - 416 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=2173.

4. Демиховский В. Я., Вугальтер Г. А. Физика квантовых низкоразмерных структур: . - Москва: Логос, 2000. - 247 с..

5. Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А. Основы нанoeлектроники: учеб. пособие для студентов вузов. - Москва: Физматкнига, 2006. - 494 с..

6. Капитонов А. М., Теремов С. Г. Изменение упругих постоянных твердых тел при ранговом переходе монокристалл-поликристалл: монография. - Красноярск: ИПК СФУ, 2010. - 586 с..

7. Хартманн У., Захарова Т. Н., Патрикеев Л. Н. Очарование нанотехнологии: [учеб. пособие]. - Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011. - 173 с..

8. Кирчанов В. С. Наноматериалы и нанотехнологии [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Пермь: ПНИПУ, 2016. - 241 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/160880>.

9. Чурилов Г. Н., Внукова Н. Г., Осипова И. В., Булина Н. В., Новиков П. В., Глущенко Г. А. Наноматериалы и нанотехнологии [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины. - Красноярск: СФУ, 2007. - on-line – Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/ELIB_DC/UMKD/i-328188.zip.

10. Барыбин А. А., Бахтина В.А., Томилин В. И., Томилина Н. П. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Красноярск: СФУ, 2011. - 236 с. – Режим доступа: <http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-478413.pdf>.

11. Чиганова Г. А. Перспективы применения наноматериалов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы и практических занятий [для студентов программы подготовки 2223200.68 «Техническая физика»]. - Красноярск: СФУ, 2013. - – Режим доступа: <http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-756708.pdf>.

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Microsoft Windows Professional 10 Russian. Операционная система Windows.
2. Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian. Офисный пакет Microsoft Office.
3. Adobe Acrobat Reader DC . Программное обеспечение для просмотра и печати файлов PDF.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Поисковая машина электронных книг <http://www.poiskknig.ru>
2. Файловый архив для студентов <http://www.studfiles.ru>
3. Электронно-библиотечная система СФУ <http://bik.sfu-kras.ru/>

5 Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория для проведения лекционных, семинарских и практических занятий: Специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

помещение для самостоятельной работы обучающихся: специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, АРМ обучающихся, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

По дисциплине (модулю)/ практике Б1.В.07 Физика и методы исследования наноструктур

Направление подготовки/специальность 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Образовательная программа 03.05.02.30 Фундаментальная и прикладная физика

1 Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения, соотнесенных с результатами обучения по дисциплине (модулю), практики и оценочными средствами

Семестр ¹	Код и содержание индикатора компетенции	Результаты обучения ²	Оценочные средства ³
ПК-3: Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства			
8	ПК-3.1: Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств	Знать: особенности свойств и структуры наноматериалов; классифицию материалов по размерам, форме и структуре; методы получения и исследования наноматериалов	Реферат; Контрольные вопросы к экзамену
8	ПК-3.2: Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства	Знать: основные принципы и особенности разнообразных подходов синтеза наноматериалов	Реферат; Контрольные вопросы к экзамену
		Уметь: анализировать и описывать свойства наноматериалов	Реферат; Контрольные вопросы к экзамену
		Владеть: представлениями об особенностях исследования наноматериалов в конкретных технологиях	Реферат; Контрольные вопросы к экзамену

¹ Семестры указываются по порядку, для каждого индикатора

² Указываются результаты обучения по дисциплине (модулю), практике, соотнесенные с индикатором достижения компетенции.

³ Указываются оценочные средства для каждого индикатора.

2 Типовые оценочные средства или иные материалы, с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения

Темы рефератов:

1. Процессы кремниевых технологий.
2. Магнитные наноустройства для записи и хранения информации.
3. Получение тонких плёнок.
4. Получение тонких плёнок.
5. Синтез гетероструктур. Светодиоды и лазеры.
6. Изготовление MEMS (Microelectromechanical systems, МЭМС), их свойства и применение.
7. Гибкая электроника.
8. Метаматериалы и метаповерхности. Получение, свойства и применение.
9. Магнитооптические свойства и синтез оксидных соединений железа.
10. Жидкие кристаллы.
11. Фуллерены. История открытия, синтез, свойства и применение.
12. Углеродные нанотрубки их синтез и свойства.
13. Оптическая спектроскопия наноструктур и частиц. Плазмоника. Фотоника.
14. Фотоприемники и фотодиоды на квантовых ямах.
15. Синтез наночастиц. Самоорганизация на подложке.
16. Квантовый размерный эффект в кремниевых нанокристаллах.
17. Синтез наночастиц химическими методами.
18. Магнитные свойства наночастиц. Суперпарамагнетизм.
19. Оптические свойства наночастиц.
20. Полупроводниковые наночастицы. Синтез, свойства и применение.
21. Рентгеновская и электронная дифракция в тонких плёнках.
22. Нанотехнологии в биологии и медицине. Применение наночастиц для диагностики и терапии
23. Методы характеризации поверхности и кристаллической структуры тонких плёнок.
24. Фоторнные кристаллы.

Методические рекомендации по выполнению реферата:

Студент выбирает тему реферата из предложенных преподавателем или может предложить свою. Реферат нужно защитить на семинаре по мере готовности в течение семестра. Без сдачи реферата студент не допускается к экзамену.

Написание реферата — это важный процесс, который помогает усвоить материал, развить аналитические и исследовательские навыки. Ниже приведены методические рекомендации, которые могут помочь в этом:

1. Выбор темы

- Актуальность: Выбирайте тему, которая интересует вас и имеет смысл в контексте учебного курса или современности.
- Специфика: Уточняйте и конкретизируйте тему, чтобы не охватывать слишком широкий пласт информации.

2. Сбор информации

- Источники: Используйте разнообразные источники: книги, научные статьи, интернет-ресурсы, учебники.
- Критический подход: Оценивайте достоверность и актуальность информации, обращая внимание на авторитетность источников.

3. Структура реферата

- Титульный лист: Указывайте название работы, ФИО, учебное заведение, дисциплину и дату.
- Содержание: Составьте оглавление, чтобы читатель мог легко ориентироваться в работе.
- Введение: Ознакомьте с темой, обоснуйте ее актуальность и поставьте цели и задачи.
- Основная часть: Разделите на логические главы и подразделы. Освещайте ключевые аспекты темы, приводите примеры и аргументы.
- Заключение: Подведите итоги работы, сделайте выводы и предложения по дальнейшему изучению темы.
- Список использованных источников: Перечислите все источники, на которые вы опирались при написании реферата, в соответствующем формате.

4. Стиль и язык

- Ясность и точность: Используйте простой и понятный язык, избегайте избыточной терминологии без объяснения.
- Логичность: Структурируйте мысли так, чтобы они следовали одна из другой, создавая логическую цепочку.

5. Оформление

- Реферат должен быть оформлен в соответствии с требованиями Стандарта университета «Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности» [Электронный ресурс] / Красноярск: СФУ, 2021, СТУ 7.5-07-2021, <http://www.sfu-kras.ru/node/8127>

6. Проверка и редактирование

- Корректурa: Проверьте работу на наличие грамматических, орфографических и стилистических ошибок.
- Чтение вслух: Прочитайте текст вслух — это поможет выявить неясности и трудные для восприятия места.

7. Временные рамки

- Планирование: Определите срок написания реферата и распределите задания по времени: поиск информации, написание черновика, исправление и оформление.

Критерии оценки реферата:

«Зачтено» выставляется обучающемуся, если:

1. Содержание реферата в целом соответствует теме задания.
2. Продемонстрировано владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, отсутствуют ошибки в употреблении терминов. Продемонстрировано умение аргументированно излагать собственную точку зрения. Изложение отчасти сопровождается адекватными иллюстрациями (примерами) из практики.
3. Реферат в достаточной степени структурирован и выстроен в заданной логике без нарушений общего смысла. Части ответа логически взаимосвязаны. Отражена логическая структура проблемы (задания): постановка проблемы – аргументация – выводы. Объем ответа незначительно превышает заданные рамки при сохранении смысла.
4. Достаточная степень самостоятельности, оригинальность в представлении материала.

«Не зачтено» выставляется обучающемуся, если:

1. Содержание реферата не соответствует теме задания или соответствует ему в очень малой степени. Продемонстрировано крайне низкое (отрывочное) знание фактического материала, много фактических ошибок – практически все факты (данные) либо искажены, либо неверны.
2. Продемонстрировано крайне слабое владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины (неуместность употребления, неверные аббревиатуры, искаженное толкование и т.д.), присутствуют многочисленные ошибки в употреблении терминов.
3. Реферат представляет собой сплошной текст без структурирования, нарушена заданная логика. Части реферата не взаимосвязаны логически.

Перечень контрольных вопросов к экзамену:

1. Что такое нанотехнологии? Что входит в это понятие.
2. Критерии нанобъектов. Какой типичный размер нанобъектов? Что такое размерный эффект?
3. Приведите классификацию материалов по размерам, форме и структуре?
4. Что такое наночастицы? Дайте определение, перечислите основные виды и способы получения.
5. Наноматериалы на основе углерода. Примеры использования и способы получения?
6. Дайте определение и приведите примеры одномерных наноматериалов? Укажите области применения и перспективы применения в биомедицине.
7. Способы получения двумерных кристаллических материалов. Расскажите о методе молекулярно-лучевой эпитаксии.
8. Формирование наноматериалов. В чём заключается суть подходов снизу-вверх и сверху вниз? Приведите примеры.
9. Расскажите о методах получения тонких плёнок? Плазмо- химическое реактивное осаждение, осаждение металлоорганических соединений из газообразной фазы, атомно-слоевое осаждение.

10. Приведите примеры зондовых методов исследования наноматериалов. Основные принципы работы СЗМ?
11. Основные критерии образцов для методов АСМ и СТМ? Преимущества и ограничения методов.
12. Электронные методы визуализации наноматериалов. Принципы получения изображения методами СЭМ и ПЭМ?
13. Приведите примеры способов формирования топологии? Основные принципы литографии. Методы оптической, лазерной и электронной литографии.
14. Основные подходы исследования физических свойств наноматериалов и отличия от таковых для объёмных материалов? Основные требования к объектам исследования.
15. Какие наблюдаются особенности физических взаимодействий на наномасштабах? Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда-Джонса.

Методические рекомендации:

Экзамен является заключительным этапом изучения учебной дисциплины. Форма проведения экзамена - устный индивидуальный опрос по билетам. В билет включаются два теоретических вопроса из разных разделов программы.


Критерии оценки экзамена:

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал разнообразных литературных источников, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Разработчик  А.С. Тарасов