

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



Проректор
по образовательной деятельности
А.А. Панфилов

« 30 » 05 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы микро - и нанотехнологий»

Направление подготовки: 12.04.04 "Биотехнические системы и технологии"

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоёмкость зач. ед, (час)	Лек- ций, час.	Практ. занятий, час.	Лабор. работ, час.	СРС, час.	Форма проме- жуточного кон- троля (экз/зачёт)
2	3/108	-	36	-	36	Экзамен (36)
Итого:	3/108	-	36	-	36	Экзамен (36)

Владимир, 2016

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Основы микро - и нанотехнологий» являются:

- формирование знаний о закономерностях физико-химических процессов микроэлектроники, базовых операциях и ограничениях полупроводниковой технологии;
- формирование знаний о возможности использования физических, химических, биологических явлений для создания наноматериалов и наноустройств, методах их синтеза, исследования и применения в биотехнических системах и технологиях;
- формирование представлений об основных направлениях развития нанотехнологий в области биотехнических систем и технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Основы микро - и нанотехнологий» относится к базовой части ОПОП ВО (код Б1.Б.4) Дисциплина изучается в 2 семестре. Необходимые для освоения дисциплины знания, умения и готовности обучающегося приобретаются в результате изучения физики, химии, основ материаловедения. Освоение данной дисциплины необходимо для выполнения научно - исследовательской работы и выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Коды компетенций по ФГОС	Компетенции	Планируемые результаты обучения
ОК-3	Готовность к активному общению с коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности	Владеть: навыками обсуждения с коллегами направлений развития, достижений и проблем в области микро - и нанотехнологий.
ОПК-4	Способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области	Знать: методы и направления развития микро - и нанотехнологий. Уметь: самостоятельно приобретать и использовать при создании биотехнических систем новых знаний о достижениях в области микро - и нанотехнологий.
ПК-1	Способность анализировать современное состояние проблем в предметной области биотехнических систем и технологий (включая биомедицинские и экологические задачи)	Уметь: анализировать состояние технологических проблем в области биотехнических систем и технологий путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников. Владеть: навыками поиска и использования источников информации для анализа научно-технических проблем в области микро - и нанотехнологий биотехнических систем.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР			
1	Физико-химические процессы в микро - и нанотехнологиях.	1	1-9		18				10		7/38	Рейтинг-контроль №1
2	Методы синтеза наноструктур и функциональных наноматериалов.	1	10-15		12				10		5/42	Рейтинг-контроль №2
3	Перспективы развития нанотехнологий в области биотехнических систем и технологий.	1	16-18		6				16		3/50	Рейтинг-контроль №3
Всего		1	18		36				36		15/42	Экзамен (36 час)

4.1. Содержание разделов и тем дисциплины

Введение.

Основные понятия. Микротехнология. Планарная полупроводниковая технология. Ограничения планарной технологии. Истоки, основные принципы и перспективы развития нанотехнологий.

Раздел 1. Физико-химические процессы в микро - и нанотехнологиях.

Тема 1.1. Классификация процессов микро - и нанотехнологий

Общая классификация процессов микро - и нанотехнологий. Критерии классификации: характер протекания, способ активации, степень локализации. Процессы формирования новой фазы на поверхности подложки, удаление вещества с поверхности подложки, перераспределение атомов (ионов) примесей.

Тема 1.2. Процессы на поверхности и межфазной границе.

Атомная структура поверхностного слоя. Примесные атомы на поверхности. Свойства поверхности. Термодинамика поверхности: поверхностная энергия, поверхностное натяжение, капиллярные явления. Адсорбция, десорбция и испарение с поверхности.

Тема 1.3. Физические методы формирования новой фазы на поверхности подложки.

Классификация методов фазообразования. Газо -, жидко -, и твердофазные методы Гетерогенные процессы физической конденсации из газовой фазы. Вакуум – термическое испарение. Катодное распыление. Ионно - плазменное распыление. Магнетронное распыление. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок.

Тема 1.4. Химические методы формирования новой фазы.

Химическое осаждение пленок из газовой фазы и растворов. Послойное химическое осаждение из газовой фазы. Электрохимические методы. Анодное окисление металлов и полупроводников. Электрохимическое и плазменное анодирование. Формирование моно- и мультислоев органических веществ.

Тема 1.5. Физико-химические основы процесса ориентированного выделения твердой фазы.

Условия ориентированного фазообразования. Эпитаксия. Переходной эпитаксиальный слой. Автоэпитаксия. Гетероэпитаксия. Хемоэпитаксия. Газофазная эпитаксия. Быстрые термические процессы в технологии получения эпитаксиально-пленочных структур. Жидко- и твердофазная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Авто-, гетеро- и хемоэпитаксия.

Тема 1.6. Физико-химические основы процессов перераспределения вещества.

Термодиффузионное легирование. Математическое описание диффузионных процессов в микроэлектронике. Ионное легирование полупроводников, радиационно-стимулированная диффузия. Низкоэнергетическая ионная имплантация методом погружения в плазму.

Тема 1.7. Физико-химические основы процессов удаления вещества.

Процессы механического удаления вещества. Электроннолучевая обработка. Вакуум-термическое травление. Процессы химического травления: механизмы травления, методы и среды для жидкостного и газового травления; локальное и анизотропное ориентированное травление. Электрохимическое травление. Ионно-плазменное травление: методы и механизмы травления; ионно-лучевое, плазмохимическое, реактивное ионно-плазменное, ионно-химическое травление.

Тема 1.8. Методы литографии в микротехнологии.

Классификация базовых методов литографии: фото-, рентгено-, электроно- и ионолитография. Литографический цикл: резисты и способы их нанесения; позитивные и негативные; жидкие и сухие резисты; методы повышения адгезии, плазмостойкости; предэкспозиционная обработка; проявление и сушка. Фотошаблон. Способы совмещения и экспонирования.

Тема 1.9. Нанолитография.

Эволюция процессов экспонирования: высокоэффективные источники дальнего ультрафиолета, оптическая литография с фазовым сдвигом, внеосевая литография, стереолитография; электроно-, ионно-, рентгенография. Литография с использованием синхротронного излучения. Печатная нанолитография.

Раздел 2. Методы синтеза наноструктур и функциональных наноматериалов.

Тема 2.1. Классификация наноструктур.

Нульмерные наноструктуры: свободные кластеры, стабилизированные кластеры, кластеры в матрице, наночастицы в оболочке, самоорганизованные наноструктуры. Одномерные наноструктуры: нанонити, нанотрубки, нанопояса, наностержни. Двумерные наноструктуры: тонкие пленки, гетероструктуры, пленки Ленгмюра - Блуджетт, самособирающиеся слои, нанопластины. Трехмерные наноструктуры.

Тема 2.2. Методы исследования наноструктур.

Сканирующая зондовая микроскопия: туннельная, атомно-силовая, магнитно-силовая микроскопия. Электронная спектроскопия: рентгеновская фотоэлектронная, ультрафиолетовая электронная, электронная Оже-спектроскопия. Спектроскопические методы. Дифракционные методы исследования.

Тема 2.3 Методы формирования наноструктур.

Нанокластеры: структура, свойства, методы синтеза. Принципы формирования одномерных частиц. Углеродные нанотрубки: структура, свойства, механизмы роста, методы синтеза. Наноконпозиты на основе нанотрубок. Методы синтеза неорганических нанотрубок. Физические и химические методы формирования нанопленок и двумерных массивов нанообъектов.

Тема 2.4. Методы зондовой нанотехнологии.

Физические основы зондовой нанотехнологии. Контактное формирование нанорельефа. Бесконтактное формирование нанорельефа. Локальная модификация поверхности. Межэлектродный массоперенос. Электрохимический перенос. Массоперенос из газовой фазы. Локальное анодное окисление.

Тема 2.5. Методы получения наноматериалов.

Классификация методов синтеза наноматериалов. Методы формирования «снизу вверх»: испарение в электронной дуге, лазерное испарение, газофазный синтез, магнетронное распыление, синтез в нанореакторах, золь - гель метод, гидротермальный синтез. Методы формирования «сверху вниз»: механохимические методы, удаление компонента гетерогенной системы, метод кристаллизации стекла.

Тема 2.6. Процессы самоорганизации в наносистемах.

Движущие силы организации наносистем. Консервативная самоорганизация: самопроизвольное структурообразование в равновесных системах. Диссипативная самоорганизация; условия самоорганизации. Молекулярная самосборка. Типы межмолекулярного взаимодействия. Супраструктуры.

Раздел 3. Перспективы развития нанотехнологий в области биотехнических систем и технологий.

Тема 3.1. Основные направления развития нанотехнологий в электронике.

Технология создания быстродействующих нанотранзисторов: на углеродных нанотрубках, кремниевых нанопроводах, на основе графена. Технология приборов политроники: органических транзисторов, светоизлучающих диодов, нанопроводников. Полимерные наноструктуры для гибких экранов. Приборы квантовой электроники: лазеры и фотоприемники на структурах с квантовыми точками. Устройства на фотонных кристаллах. Нанoeлектронные запоминающие устройства. Технология конструкционных и технологических материалов с уникальными свойствами. Базовые логические элементы из бактерий и ДНК. Биологические процессоры.

Тема 3.2. Основные направления развития нанотехнологий в медицине.

Медицинские применения сканирующих зондовых микроскопов. Наноструктурированные материалы. Поверхности с нанорельефом, мембраны с нанootверстиями. Фуллерены и дендримеры в диагностике и лечении. Микро - и нанокапсулы для доставки лекарственных средств. Нанотехнологические сенсоры и анализаторы. Наноинструменты и наноманипуляторы.

4.2. Практические занятия

Практические занятия (семинары), являясь формой индивидуально-группового обучения, имеют целью углубление и закрепление знаний, полученных в процессе самостоятельной работы, а также способствуют выявлению преподавателем уровня подготовки каждого студента и его возможностей.

Тематика практических занятий

1. Общая классификация процессов микро - и нанотехнологий
2. Процессы формирования новой фазы на поверхности подложки
3. Анализ физических методов получения тонких пленок.
4. Анализ химических методов получения тонких пленок.
5. Физико-химические процессы удаления вещества.
6. Методы литографии в микротехнологии
7. Анализ методов нанолитографии.
8. Классификация наноструктур.
9. Сканирующая зондовая микроскопия
10. Принципы формирования одномерных частиц.
11. Методы формирования нанопленок
12. Методы зондовой нанотехнологии
13. Методы получения наноматериалов
14. Анализ процессов получения наносистем методом самоорганизации.
15. Технология приборов политроники
16. Лазеры и фотоприемники на структурах с квантовыми точками.
17. Микро - и нанокапсулы для доставки лекарственных средств
18. Нанотехнологические сенсоры и анализаторы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На практических занятиях используется проблемно-ориентированный подход, стимулирование активности путём привлечения к обсуждению проблем, возникающих в процессе выполнения заданий, применяются мультимедиа технологии (видеофильмы, презентации электронные альбомы и др.). Занятия проводятся в аудиториях 331-3, оборудованных техническими средствами для использования мультимедиа технологий (видеоматериалы, слайды) и 324-3, оборудованной компьютерной техникой и средствами для использования мультимедиа технологий. В процессе подготовки к занятиям студенты имеют возможность работать в Интернете, пользуясь ресурсами компьютерных классов кафедры (330-3,503-3).

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Текущий контроль успеваемости

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:

- а) оценка выполняемых на практических занятиях и домашних заданий;
- б) оценка активности участия в дискуссиях на практических занятиях;
- в) проведение рейтинг - контроля.
- г) экспресс-опрос на практических занятиях;
- д) индивидуальное собеседование, консультация;
- е) выступление с докладом, презентацией.

Вопросы к рейтинг – контролю.

Рейтинг - контроль №1

1. Классификация физико-химических процессов микро - и нанотехнологий по характеру протекания.
2. Способы активации физико-химических процессов.
3. Классификация физико-химических методов фазообразования.
4. Гетерогенные процессы физической конденсации из газовой фазы.
5. Методы ионного распыления.
6. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок.
7. Пиролитическое осаждение металлов.
8. Послойное химическое осаждение из газовой фазы.
9. Химическое осаждение пленок из растворов.
10. Электрохимическое осаждение слоев.
11. Плазмохимическое осаждение пленок.
12. Формирование моно - и мультислоёв органических веществ.

Рейтинг - контроль №2

1. Условия ориентированного фазообразования на подложке.
2. Виды и методы эпитаксии.
3. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
4. Сущность и виды эндотаксии.
5. Механизмы термодиффузионного легирования.
6. Механизмы ионного легирования полупроводников.
7. Механизмы жидкостного и газового химического травления.
8. Механизмы анизотропного травления.
9. Электрохимическое травление.
10. Сущность и базовые методы фотолитографии.
11. Ограничения оптической литографии.
12. Виды нанолитографии.

Рейтинг - контроль №3

1. Классификация наноструктур по размерности.

2. Методы сканирующей зондовой микроскопии.
3. Методы электронной микроскопии.
4. Спектроскопические методы исследования наноструктур.
5. Методы получения одномерных наноструктур.
6. Механизмы роста и способы получения углеродных нанотрубок.
7. Способы получения нанопленок.
8. Физические основы и методы зондовой нанотехнологии.
9. Классификация методов синтеза функциональных материалов.
10. Методы синтеза наночастиц.
11. Процессы самосборки в наносистемах.

6.2 Экзамен

Экзамен проводится по билетам. Обучающийся должен продемонстрировать знание сущности и методов анализа процессов микро - и нанотехнологий, технологических основ создания наноматериалов и наноустройств, методов их синтеза, исследования и применения в биотехнических системах и технологиях; умение анализировать состояние технологических проблем и перспективы развития нанотехнологий в области биотехнических систем и технологий.

Вопросы к экзамену

1. Классификация физико-химических процессов микро - и нанотехнологий по характеру протекания.
2. Классификация физико-химических методов фазообразования.
3. Гетерогенные процессы физической конденсации из газовой фазы.
4. Методы ионного распыления.
5. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок.
6. Послойное химическое осаждение из газовой фазы.
7. Химическое осаждение пленок из растворов.
8. Электрохимическое осаждение слоев.
9. Формирование моно - и мультислоев органических веществ.
10. Условия ориентированного фазообразования на подложке. Виды и методы эпитаксии. Сущность и виды эндотаксии.
11. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
12. Механизмы термодиффузионного легирования.
13. Механизмы ионного легирования полупроводников.
14. Механизмы жидкостного и газового химического травления.
15. Механизмы анизотропного травления.
16. Электрохимическое травление.
17. Сущность и базовые методы фотолитографии.
18. Виды нанолитографии.
19. Классификация наноструктур по размерности.
20. Методы сканирующей зондовой микроскопии.
21. Методы электронной микроскопии.
22. Спектроскопические методы исследования наноструктур.
23. Методы получения одномерных наноструктур.
24. Механизмы роста и способы получения углеродных нанотрубок.
25. Способы получения нанопленок.
26. Физические основы и методы зондовой нанотехнологии.
27. Классификация методов синтеза функциональных материалов.
28. Методы синтеза наночастиц.
29. Процессы самосборки в наносистемах.
30. Технология создания быстродействующих нанотранзисторов
31. Технология приборов политроники.

32. Медицинские применения сканирующих зондовых микроскопов.
33. Мембраны с нанодоотверстиями и их применение в биотехнических системах.
34. Микро - и нанокапсулы для доставки лекарственных средств.

6.3 Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов включает изучение теоретического материала, выполнение заданий по тематике практических занятий, подготовку реферата, презентации, подготовку к рейтинг - контролю. Основа самостоятельной работы – изучение рекомендуемой литературы, электронных источников. Текущий контроль освоения материала проводится в процессе проведения практических занятий и консультаций, проведения рейтинг - контроля, индивидуальных собеседований.

Вопросы для проведения контроля самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.

Раздел 1.

1. Критерии классификации процессов формирования новой фазы на поверхности подложки.
2. Процессы на поверхности и межфазной границе.
3. Термодинамика поверхности.
4. Вакуумно-термическое испарение. Катодное распыление.
5. Ионно - плазменное распыление.
6. Магнетронное распыление.
7. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок.
8. Химическое осаждение пленок из газовой фазы.
9. Химическое осаждение пленок из растворов.
10. Электрохимические методы осаждения пленок.
11. Механизмы и условия ориентированного фазообразования.
12. Формирование моно - и мультислоев органических веществ.
13. Процессы введения и перераспределения вещества.
14. Процессы механического удаления вещества.
15. Процессы химического травления.
16. Процессы электрохимического удаления вещества.
17. Базовые методы литографии в технологии электроники.
18. Методы нанолитографии.

Раздел 2

1. Нульмерные наноструктуры.
2. Одномерные наноструктуры.
3. Двумерные наноструктуры.
4. Трехмерные наноструктуры.
5. Сканирующая зондовая микроскопия.
6. Спектроскопические методы исследования наноструктур.
7. Принципы формирования одномерных частиц.
8. Методы формирования нанопленок.
9. Методы двумерных массивов нанообъектов.
10. Методы зондовой нанотехнологии.
11. Методы формирования наноматериалов «снизу вверх».
12. Методы формирования наноматериалов «сверху вниз».
13. Процессы самоорганизации в наносистемах.

Раздел 3

1. Технология создания быстродействующих нанотранзисторов на углеродных нанотрубках.

2. Технология создания быстродействующих нанотранзисторов на кремниевых нанопроводах.
3. Технология создания быстродействующих нанотранзисторов на основе графена.
4. Технология органических транзисторов.
5. Технология органических светодиодов,
6. Технология нанопроводников.
7. Полимерные наноструктуры для гибких экранов.
8. Лазеры и фотоприемники на структурах с квантовыми точками.
9. Устройства на фотонных кристаллах.
10. Нанозлектронные запоминающие устройства.
11. Технология конструкционных и технологических материалов с уникальными свойствами.
12. Технология приборов политроники.
13. Технологические основы молекулярной электроники.

Формы отчета студента перед преподавателем о результатах выполнения самостоятельной работы: конспекты, планы, рефераты, обзоры информации, графическое представление изученного учебного материала, презентации. Виды контроля самостоятельной работы студентов: экспресс-опрос на практических занятиях; текущий устный выборочный опрос на практических занятиях; индивидуальное собеседование, консультация, выступление с докладом.

Темы рефератов

1. Технология создания быстродействующих нанотранзисторов
2. Технология приборов политроники.
3. Полимерные наноструктуры для гибких экранов.
4. Технология функциональных наноматериалов.
5. Обработка изображений реакционно - диффузионными средами.
6. Базовые логические элементы из бактерий и ДНК.
7. Биологические процессоры.
8. Медицинские применения сканирующих зондовых микроскопов.
9. Технология и применение наноструктурированных материалов в медицине.
10. Поверхности с нанорельефом, мембраны с нанодоверстиями.
11. Фуллерены и дендримеры в диагностике и лечении.
12. Микро - и нанокапсулы для доставки лекарственных средств.
13. Нанотехнологические сенсоры и анализаторы.
14. Наноинструменты и наноманипуляторы.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Мелихов, И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества [Электронный ресурс] / И. В. Мелихов. -3-е изд. (эл.) - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 312 с.). -М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-2532-0.
Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325320.html>.
2. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие. - 3-е изд. (эл.) (Нанотехнологии) Издательство: БИНОМ. Лаборатория знаний 2012. -438с - ISBN: 978-5-9963-1444-7. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326013.html>.
3. Дмитриев, А.С. Нанотехнологии в медицине [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Ю. Науменко, Т.А. Алексеев, А.С. Дмитриев - М.: Издательский дом МЭИ, 2012. - 200 с.: ил.; цв. вклейки." - ISBN 978-5-383-00731-0.
Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/МРЕИ184.html>.

б) дополнительная литература

4. Акуленок, М. В. Введение в процессы интегральных микро - и нанотехнологий : учебное пособие для вузов: в 2 т./ Т. 2 : Акуленок М. В., Андреев В. М. и др. Технологические аспекты. М., БИНОМ, 2011. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996303366.html>.

5. Бычков, С.П.. Физические основы микро - и нанотехнологий [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / С.П. Бычков, В.П. Михайлов, Ю.В. Панфилов, Ю.Б. Цветков; Под ред. Ю.Б. Цветкова. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703833193.html>.

6. Неволин, В.К Зондовые нанотехнологии в электронике. Издание 2-е, исправленное Москва: Техносфера, 2014. – 176 с. - ISBN 978-5-94836-382-0.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363820.html>.

7. Рамбиди, Н.Г, Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.-456с. (Библиотека ВлГУ)

8. Сенсорика. Современные технологии микро - и наноэлектроники: Учебное пособие / Т.Н. Патрушева - М.: НИЦ ИНФРА-М; Красноярск: Сибирский федер. ун-т, 2014. - 260 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-16-006376-8, 500 экз.

Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=374604>

9. Нанобиотехнологии [Электронный ресурс]: практикум / под ред. А.Б. Рубина. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 384 с.: ил., [8+8] с. цв. вкл. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-2291-6. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996322916.html>

в) периодические издания

10. НАНО: технологии, экология, производство (Библиотека ВлГУ)

11. Наноматериалы и наноструктуры XXI век (Библиотека ВлГУ)

12. Наносистемы: физика, химия, математика (Библиотека ВлГУ)

13. Нанотехнологии: разработка, применение - XXI век (Библиотека ВлГУ)

14. Нанотехнологии: Наука и производство (Библиотека ВлГУ)

г) интернет - ресурсы

15. <http://znanium.com/>

16. <http://e.lanbook.com/>

17. <http://elibrary.ru/>

18. www.studentlibrary.ru/

19. www.iprbookshop.ru/

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия проводятся в аудитории 324-3, оборудованной техническими средствами для использования мультимедиа технологий (видеоматериалы, слайды); в аудитории 323-3, оборудованной компьютерной техникой. В процессе подготовки к занятиям студенты имеют возможность работать в Интернете, пользуясь ресурсами компьютерного класса кафедры (а.330-3, а.503-3, а.202-3) и библиотеки ВлГУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.04.04 "Биотехнические системы и технологии"

Рабочую программу составил доцент Фролова Т.Н. Фролова

Рецензент:

консультант отдела материально-технического обеспечения Департамента здравоохранения администрации Владимирской области, к.т.н. Жанина Т.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БЭСТ _____

Протокол № 9 от 30.05. 2016 года

Заведующий кафедрой Сушкова Л.Т. _____

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.04.04 "Биотехнические системы и технологии"

Протокол № 9 от 30.05. 2016 года

Председатель комиссии Сушкова Л. Т. _____

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____