



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.О.44 **«НАНОБИОТЕХНОЛОГИИ»**

Специальность: 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика»

Специализация: «Биоинженерия и биоинформатика»

Квалификация выпускника: биоинженер и биоинформатик

Форма обучения: очная с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Согласовано с УМК биолого-почвенного
факультета
Протокол № 4 от 20.07.2024
Председатель _____ А. Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой физико-химической
биологии, биоинженерии и биоинформатики
Протокол № 15 от 17.04.2024
Зав. кафедрой _____ В.П. Саловарова

Иркутск 2024 г.

Содержание

	стр.
I. Цель и задачи дисциплины	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	3
IV. Содержание и структура дисциплины	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	8
4.3 Содержание учебного материала	9
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	11
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	12
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	13
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	16
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	16
а) перечень литературы	16
б) периодические издания	16
в) список авторских методических разработок	17
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	17
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины	18
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	18
6.2. Программное обеспечение	19
6.3. Технические и электронные средства обучения	19
VII. Образовательные технологии	20
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	20

I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель: Формирование базовых знаний, позволяющих ориентироваться в терминологии и направлениях нанобиотехнологии как совокупности технологических методов, применяемых для изучения принципов биологической наносамосборки, создания материалов, устройств и систем и путях их использования в биологии и медицине.

Задачи:

- ознакомить основными понятиями нанобиотехнологий и рассмотреть современное состояние и перспективы развития нанобиотехнологии;
- изучить основные принципы формирования наносистем;
- обобщить и систематизировать сведения о наночастицах и нанопродуктах, их свойствах, методах исследования;
- научить умению самостоятельного поиска и анализа информации, использованию ее в процессе научно-практической деятельности

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина Б1.О.44 «Нанобиотехнологии» является обязательной дисциплиной учебного плана подготовки студентов по направлению 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика». Изучается на 4 курсе в 8 семестре.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Физико-химические методы исследований», «Биотехнология», «Клеточная биология», «Иммунология».

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Инженерия вакцин и диагностикумов», «Биологическая безопасность и биозащита», «Преддипломная практика, в том числе научно-исследовательская работа».

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (компетенции) в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика»:

ОПК-3 Способен проводить экспериментальную работу с организмами и клетками, использовать физико-химические методы исследования макромолекул, математические методы обработки результатов биологических исследований.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-3 Способен проводить экспериментальную работу с организмами и клетками, использовать физико-химические	ИДКОПК-3.1 Проводит экспериментальную работу с организмами и клетками с использованием физико-химических методов исследования макромолекул	Знать: физико-химические методы исследования макромолекул. Уметь: проводить экспериментальную работу с организмами и клетками с использованием физико-химических методов исследования макромолекул. Владеть: физико-химическими методами исследования для исследования макромолекул.

<p>методы исследования макромолекул, математические методы обработки результатов биологических исследований.</p>	<p>ИДКОПК3.2 Демонстрирует практические навыки математических методов обработки результатов экспериментальных исследований</p>	<p>Знать: методы обработки результатов экспериментальных исследований. Уметь: использовать математические методы обработки результатов экспериментальных исследований. Владеть: практическими навыками математических методов обработки результатов экспериментальных исследований</p>
	<p>ИДКОПК-3.3 Владеет опытом применения методов для исследования макромолекул, обработки результатов биологических исследований, прогнозирования перспектив и социальных последствий своей профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: методы исследования макромолекул, обработки результатов биологических исследований. Уметь: прогнозировать перспективы и социальные последствия своей профессиональной деятельности. Владеть: опытом применения современных методов исследования.</p>

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, в том числе на экзамен 17 ч.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 14 часов

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся , практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельн ая работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1. Введение в нанотехнологию и нанобиотехнологию	8	1		1	-		-	Устный опрос
2	Раздел 2. Наноматериалы	8	9		1	2		6	Устный опрос
3	Раздел 3. Основные принципы формирования наносистем	8	12		2	2		8	Устный опрос, доклады с презентацией.
4	Раздел 4. Молекулярные наноструктуры	8	12		2	2		8	Устный опрос, доклады с презентацией.

5	Раздел 5. Нанобиоаналитические системы	8	14		2	2		10	Устный опрос, доклады с презентацией.
6	Раздел 6. Нанотехнологии в молекулярной электронике и биоэлектронике	8	14		3	3		8	Устный опрос, доклады с презентацией.
7	Раздел 7. Нанотехнологии и медицина	8	17		3	3	1	10	Устный опрос, доклады с презентацией.

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
8	Раздел 2. Наноматериалы	Изучение учебного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к практическим занятиям.	1-2 нед.	6	Устный опрос, доклады с презентацией.	осн. лит-ра: 1-3 доп. лит-ра: 1-5 периодические издания
8	Раздел 3. Основные принципы формирования наносистем	Изучение учебного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к практическим занятиям.	3-4 нед.	8	Устный опрос, доклады с презентацией.	осн. лит-ра: 1-3 доп. лит-ра: 1-5 периодические издания
8	Раздел 4. Молекулярные наноструктуры	Изучение учебного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к практическим занятиям. Подготовка реферата (доклада, презентации).	5-7 нед.	8	Устный опрос, доклады с презентацией.	осн. лит-ра: 1-3 доп. лит-ра: 1-5 периодические издания
8	Раздел 5. Нанобиоаналитические системы	Изучение учебного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к практическим занятиям. Подготовка реферата (доклада, презентации).	8-10 нед.	10	Устный опрос, доклады с презентацией.	осн. лит-ра: 1-3 доп. лит-ра: 1-5 периодические издания

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
8	Раздел 6. Нанотехнологии в молекулярной электронике и биоэлектронике	Изучение учебного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к практическим занятиям. Подготовка реферата (доклада, презентации).	11-12 нед.	8	Устный опрос, доклады с презентацией.	осн. лит-ра: 1-3 доп. лит-ра: 1-5 периодические издания
8	Раздел 7. Нанотехнологии и медицина	Изучение учебного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к практическим занятиям. Подготовка реферата (доклада, презентации).	13-15 нед.	10	Устный опрос, доклады с презентацией.	осн. лит-ра: 1-3 доп. лит-ра: 1-5 периодические издания
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 50						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час) – 14						

4.3 Содержание учебного материала

Раздел 1. Введение в нанотехнологию и нанобиотехнологию

Тема 1.1 Предмет и задачи курса. Основные понятия и определения наук о наносистемах и нанобиотехнологии.

Тема 1.2 История возникновения нанотехнологии. Примеры нанообъектов и наносистем, их технические приложения. Принципы и перспективы развития нанобиотехнологии.

Раздел 2. Наноматериалы

Тема 2.1. Наноматериалы и их классификация. Неорганические и органические функциональные наноматериалы. Гибридные наноматериалы. Наноструктурированные 1D, 2D и 3D материалы. Молекулярные сита. Наноккомпозиты и их синергетические свойства.

Тема 2.2. Гигиеническая и медико-биологическая оценка безопасности наноматериалов.

Раздел 3. Основные принципы формирования наносистем

Тема 3.1. Процессы получения нанообъектов сверху вниз. Механоактивация и механосинтез. Процессы получения нанообъектов снизу вверх.

Тема 3.2. Приемы получения и стабилизации наночастиц. Методы обнаружения и выяснения локализации наночастиц в биологических образцах. Применение квантовых точек при обнаружении биологических объектов. Физико-химические свойства наночастиц, с которыми связывают потенциальные медико-биологические риски.

Раздел 4. Молекулярные наноструктуры

Тема 4.1. Молекулярные наноструктуры – характеристика и классификация. Особенности органических молекул как наноструктур. Супермолекулы. Биомолекулы как наноструктуры: нуклеиновые кислоты, белки. Ферменты и биосенсоры.

Тема 4.2. Биомолекулярные комплексы: тубулярные бионаноструктуры, слоистые бионаноструктуры, гибридные бионаноструктуры, их сборка и самосборка. Мицеллы и липосомы. Транспорт неэлектролитов через природные мембранные нанопоры. Механизмы транспорта воды через биологические мембраны. Аквапорины. Комплекс ядерной поры

Тема 4.3. Молекулярные машины. АТФ-синтаза. Кинезин, миозин, жгутиковый молекулярный двигатель. Неорганические (химические) молекулярные двигатели.

Раздел 5. Нанобиоаналитические системы

Тема 5.1. Управление движением и разделением частиц в жидкости. Особенности воздействия внешних полей на биологические частицы (макромолекулы, клетки). Диэлектрофорез и его основные принципы. Электроротация. Фотофорез. Принципы лазерного фотофореза. Оптофорез. Оптический пинцет (Optical tweezer). Магнитофорез (Magnetophoresis). Магнитные частицы. Применения магнитофореза.

Тема 5.2. Сенсоры и биосенсоры. Трансдюсеры. Основные аналитические характеристики сенсоров. «Микросистемы полного анализа» и «лаборатория на чипе». Аналитические микрочипы (гибридизационные, микро- и нанофлюидные, гибридные микрочипы).

Тема 5.3. Биочипы. Получение гибридизационных микро- и наночипов. Микро- и нанофлюидные чипы. Конструкции аналитических микрочипов. Методы детектирования в микрочипах. Твердофазная, жидкостная и микрофлюидная экстракция. Идеология Т-сенсора и Н-фильтра. Разделение на CD-чипе. Электрофоретическое разделение ДНК на микрофлюидном чипе. ПЦР на микрочипе. Секвенирование ДНК. Пиросеквенирование.

Раздел 6. Нанотехнологии в молекулярной электронике и биоэлектронике

Тема 6.1. Перспективы нанотехнологий в молекулярной электронике и биоэлектронике. Молекулярная память. Молекулярные компьютеры. Генетические и клеточные

биокомпьютеры. ДНК-компьютеры. Клеточные компьютеры. Биопреобразователи.

Раздел 7. Нанотехнологии и медицина

Тема 7.1. Области применения нанотехнологий для развития принципиально новых методов диагностики и лечения болезней человека: использование наноматериалов для адресной доставки лекарственных препаратов и терапевтических генов, визуализации патоморфологических структур, преодоления барьеров несовместимости, создания медицинских биороботов.

Тема 7.2. Устройства адресной доставки лекарств. Полимерные транспортеры для доставки лекарств. Применение микросфер для доставки лекарств. Нанотехнологические системы доставки. Интеллектуальные капсулы. Терапевтические моноклональные антитела. Применение фолата для адресной доставки лекарств.

Тема 7.3. Био-нанороботы. Основные принципы создания бионанороботизированных систем.

Тема 7.4. Фотосенсибилизированные эффекты на клеточных системах. Фотодинамическая терапия. Антимикробная фотодинамическая терапия. Механизмы фотодинамических процессов. Механизмы фотодинамических реакций с участием нуклеиновых кислот, белков и липидов.

4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Раздел 2. Наноматериалы Темы: 2.1 – 2.2.	Классификация наноматериалов. Гигиеническая и медико-биологическая оценка безопасности наноматериалов.	2	2	Устный опрос	ОПК-3: ИДК ОПК 3.1 ИДК ПК 3.2 ИДК ПК 3.3
2	Раздел 3. Основные принципы формирования наносистем Темы: 3.1 – 3.2.	Методы получения нанобъектов. Методы обнаружения нанобъектов.	2	2	Устный опрос, доклад с презентацией	ОПК-3: ИДК ОПК 3.1 ИДК ПК 3.2 ИДК ПК 3.3

3	Раздел 4. Молекулярные наноструктуры Темы: 4.1 – 4.4.	Классификация и характеристика молекулярных наноструктур.	2	2	Устный опрос, доклад с презентацией	ОПК-3: ИДК ОПК 3.1 ИДК ПК 3.2 ИДК ПК 3.3
4	Раздел 5. Нанобиоаналитические системы Темы: 5.1 – 5.3.	Управление движением и разделением частиц в жидкости. Сенсоры и биосенсоры. Биочипы.	2	2	Устный опрос, доклад с презентацией	ОПК-3: ИДК ОПК 3.1 ИДК ПК 3.2 ИДК ПК 3.3
5	Раздел 6. Нанотехнологии молекулярной электроники и биоэлектронике Темы: 6.1	Перспективы нанотехнологий в молекулярной электронике и биоэлектронике.	3	3	Устный опрос, доклад с презентацией	ОПК-3: ИДК ОПК 3.1 ИДК ПК 3.2 ИДК ПК 3.3
6	Раздел 7. Нанотехнологии медицина Темы: 7.1 – 7.5.	Области применения нанотехнологий для развития принципиально новых методов диагностики и лечения болезней человека. Устройства адресной доставки лекарств. Био-нанороботы. Фотосенсибилизированные эффекты на клеточных системах.	3	3	Устный опрос, доклад с презентацией	ОПК-3: ИДК ОПК 3.1 ИДК ПК 3.2 ИДК ПК 3.3

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1.	Нanomатериалы	1. Изучить теоретический материал и подготовиться к устному опросу; 2. Подготовить реферат и	ОПК-3	ИДК ОПК 3.1 ИДК ПК 3.2 ИДК ПК 3.3

		доклад (презентацию) на защиту		
2.	Основные принципы формирования наносистем	1. Изучить теоретический материал и подготовиться к устному опросу; 2. Подготовить реферат и доклад (презентацию) на защиту.	ОПК-3	<i>ИДК ОПК 3.1</i> <i>ИДК ПК 3.2</i> <i>ИДК ПК 3.3</i>
3.	Молекулярные наноструктуры	1. Изучить теоретический материал и подготовиться к устному опросу; 2. Подготовить реферат и доклад (презентацию) на защиту.	ОПК-3	<i>ИДК ОПК 3.1</i> <i>ИДК ПК 3.2</i> <i>ИДК ПК 3.3</i>
4.	Нанобиоаналитические системы	1. Изучить теоретический материал и подготовиться к устному опросу; 2. Подготовить реферат и доклад (презентацию) на защиту.	ОПК-3	<i>ИДК ОПК 3.1</i> <i>ИДК ПК 3.2</i> <i>ИДК ПК 3.3</i>
5.	Нанотехнологии в молекулярной электронике и биоэлектронике	1. Изучить теоретический материал и подготовиться к устному опросу; 2. Подготовить реферат и доклад (презентацию) на защиту.	ОПК-3	<i>ИДК ОПК 3.1</i> <i>ИДК ПК 3.2</i> <i>ИДК ПК 3.3</i>
6.	Нанотехнологии и медицина	1. Изучить теоретический материал и подготовиться к устному опросу; 2. Подготовить реферат и доклад (презентацию) на защиту.	ОПК-3	<i>ИДК ОПК 3.1</i> <i>ИДК ПК 3.2</i> <i>ИДК ПК 3.3</i>

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебного процесса и преследует следующие цели:

- совершенствование навыков самообразовательной работы как основного пути повышения уровня образования;
- углубление и расширение знаний по предмету.

Для организации самостоятельной работы по дисциплине «Нанобиотехнологии» используются следующие формы самостоятельной учебной работы:

- изучение материала, изложенного в лекциях;
- изучение и анализ рекомендованной литературы;
- самостоятельный поиск, изучение и анализ литературы по дисциплине, не указанный в списке рекомендованной литературы;
- самостоятельное изучение учебного материала, предусмотренного рабочей программой, но не изложенного в лекциях.

Подготовка к практическому занятию состоит в теоретической подготовке и выполнении практических заданий (чтение периодической литературы, ответы на вопросы и т.д.):

- подготовка к опросу;
- подготовка устных докладов;
- подготовка презентаций.

Рекомендации по подготовке устного доклада

Устный доклад – это сообщение в течение 10 мин, в котором студент в лаконичной форме должен изложить материал по соответствующей теме, придерживаясь следующего плана: введение, основная часть, заключение. Доклад сопровождается презентацией, отражающей основные положения по соответствующей теме, включающей наглядные материалы (схемы, таблицы, фото и т.д.). По окончании доклада студенту задают вопросы, как преподаватель, так и студенты, на которые докладчик должен дать исчерпывающие ответы.

Рекомендации по подготовке презентации

Презентации — способ представления информации, сочетающий в себе текст, гипертекстовые ссылки, компьютерную анимацию, графики, видео, музыку и звуковой ряд, которые организованы в единую среду. Презентация имеет сюжет, сценарий и структуру, организованную для удобного восприятия информации. Отличительной особенностью презентации является её интерактивность, то есть создаваемая для пользователя возможность взаимодействия через элементы управления.

Презентация всегда состоит из двух основных компонентов: информации, которую выступающий хочет донести до аудитории, и манеры изложения. Написанный на бумаге текст помогает более четко и последовательно изложить материал. Презентации обычно делают в PowerPoint, в Impress, либо в Acrobat. Желательно придерживаться принципа: один слайд - одна мысль. Титульный слайд должен содержать название презентации, её автора, контактную информацию автора. На втором слайде обычно представлен план презентации, основные разделы или вопросы, которые будут рассмотрены. Остальные слайды нужно строить по модели: тезис - аргументы – вывод. Выводы всегда должны быть даны ясно и лаконично на отдельном слайде. Предпоследний слайд должен содержать информацию об использованных источниках литературы, интернет-ресурсах. Последний слайд может повторять титульный с добавлением фразы «Спасибо за внимание!»

На слайды должны попасть только самые важные тезисы и данные, а также графический материал: диаграммы, рисунки, фотографии. Старайтесь делать слайды на однородном светлом фоне с более контрастным текстом. Ключевые слова в предложении лучше выделять жирным шрифтом или цветом. Текст пишите крупно, плотно набранный текст сложнее воспринимается.

Критерии оценки устного доклада

Оценка устного доклада осуществляется в соответствии со следующими критериями: четкость изложения основных элементов реферата; понимание изучаемой проблемы и методологии научного исследования; умение выявлять сильные стороны и недостатки изложенных в статье теорий и использованных методологических подходов; владение профессиональной терминологией; умение отвечать на вопросы аудитории.

- Оценка *«отлично»*. В докладе полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса; студент свободно владеет материалом, излагает его логично, последовательно, лаконично, хорошим научным языком. Доклад сопровождается презентацией, которая составлена с соблюдением общих требований оформления, содержит ссылки на приведенные фото, рисунки, схемы и т.д. При обсуждении студент демонстрирует понимание изучаемой проблемы и методологии научного исследования, владение профессиональной

терминологией и умение грамотно отвечать на вопросы аудитории.

- Оценка «хорошо». Тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором. Имеются недочеты в оформлении презентации или презентация не в полной степени соответствует общим требованиям. Ответы студента на вопросы не являются исчерпывающими и аргументированными.

- Оценка «удовлетворительно». Тема раскрыта не полностью, материал не проанализирован, студент показывает поверхностные знания. Презентация частично соответствует установленным требованиям. При обсуждении доклада студент дает неправильные или исчерпывающие ответы.

- Оценка «неудовлетворительно». Тема не раскрыта, приведен скудный объем материала; презентация отсутствует или не соответствует требованиям. При обсуждении доклада студент не дает ответы или они не соответствуют вопросам.

4.5 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) перечень литературы

1. Абатурова А.М. Нанобиотехнологии [Электронный ресурс] / А. М. Абатурова, В. Багро [и др.]. - М: Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 384 с. - Режим доступа: ЭБС "Айбукс". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2291-6. +
2. Нанобиотехнологии: практикум/ ред. А. Б. Рубин. -М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. -384 с. ISBN 978-5-9963-0627-5 (14 экз.).+
3. Нанобиотехнологии : практикум —4-е изд., электрон. [Электронный ресурс] / А.Б. под ред. Рубин. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 403 с. : ил. - ЭБС "Айбукс". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-00101-728-8
4. [Гусев А.И.](#) Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. - 2-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2007. - 414 с. ISBN 978-5-9221-0582-8 (9 экз.).+

б) периодические издания

«Нанотехнологии и охрана здоровья», «Нанотехника», «Нанотехнологии: разработка, применение», «Нанотехнологии. Экология. Производство», «Коммерческая биотехнология».

в) список авторских методических разработок

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> – веб-сайт Национального центра биотехнологической информации США (NCBI), который предоставляет бесплатный доступ к различным базам данных, включая базы данных, содержащие различные типы генетических данных, базы данных аннотаций публикаций биомедицинской и общебиологической направленности; содержит популярные приложения и инструменты биоинформационного анализа.

2. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/> –генетическая база данных GenBank Национального центра биотехнологической информации США (NCBI), которая содержит общедоступную аннотированную коллекцию всех нуклеотидных последовательностей закодированных в них последовательностей белков.

3. <http://www.boldsystems.org> - облачная платформа для хранения и анализа генетических данных по ДНК-штрихкодирования, разработанная Центром геномики

биоразнообразия (Канада). Состоит из четырех основных модулей: портала данных, образовательного портала, реестра BIN (идентификационные номера ДНК-штрихкодирования) и инструментария для сбора и анализа данных.

4. <http://www.ebi.ac.uk> – веб-сайт Европейского института биоинформатики (EMBL-EBI), который предоставляет бесплатный доступ к популярным приложениям для биоинформационного анализа нуклеотидных и белковых последовательностей, поиска данных с мощными возможностями перекрестных ссылок.

5. <https://www.ebi.ac.uk/ena> – Европейский архив нуклеотидов (ENA), архивная генетическая база данных Европейского института биоинформатики (EMBL-EBI), которая содержит исчерпывающую информацию о последовательности нуклеотидов в мире, включая данные о необработанных последовательностях, информацию о сборках и функциональные аннотации.

6. <http://ensemblgenomes.org> – Ensembl, совместный научный проект Европейского института биоинформатики и Института Сенгера, который предоставляет интегрированный доступ к базам данных, касающихся строения геномов различных организмов.

7. <http://www.ddbj.nig.ac.jp/> – Японская база данных ДНК DDBJ, которая содержит информацию о нуклеотидных последовательностях, относящихся к различным генам и организмам.

8. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/> – англоязычная текстовая база данных PubMed, содержащая цитаты, аннотации и ссылки на полные тексты публикаций биомедицинской и общепромышленной направленности Национального центра биотехнологической информации США (NCBI).

9. <https://www.sciencedirect.com> – база данных англоязычной научной периодики ScienceDirect издательства Elsevier, предоставляет бесплатный доступ к аннотациям всех публикаций, содержащихся в базе, и к более 1,2 млн. полных текстов статей.

10. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> – научная электронная библиотека, крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты научных статей и публикаций.

11. <https://cyberleninka.ru> – российская научная электронная библиотека «КиберЛенинка».

12. <https://www.researchgate.net> – бесплатная социальная сеть ResearchGate для сотрудничества учёных всех научных дисциплин, включает такие сетевые приложения, как семантический поиск, совместное использование файлов, обмен публикациями, тематические форумы, методологические дискуссии и так далее.

13. <http://molbiol.ru> – нейтральная русскоязычная территория для тех, кто профессионально связан с биологией или молекулярной биологией.

14. Научная Электронная Библиотека <http://www.e-library.ru>

15. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>)

16. ЭБС «ЮРАЙТ». Адрес доступа: <https://www.biblio-online.ru/>

17. ЭБ Издательского центра «Академия». Адрес доступа: <http://www.academia-moscow.ru>

18. <http://www.fptl.ru/biblioteka/biotehnologiya.html>

19. <http://www.medbook.net.ru/010512.shtml>

20. Союз образовательных сайтов - Естественные науки

21. <http://tusearch.blogspot.com> – Поиск электронных книг, публикаций, законов, ГОСТов на сайтах научных электронных библиотек.

22. GoogleScholar – Поисковая система по научной литературе.

23. ScienceResearchPortal – Научная поисковая система, осуществляющая полнотекстовый поиск в журналах многих крупных научных издательств, таких как Elsevier, Highwire, IEEE, Nature, Taylor&Francis и др.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебно-лабораторное оборудование

- Аудитория для проведения занятий лекционного типа. Аудитория оборудована: специализированной (учебной) мебелью на 12 посадочных мест; оборудована техническими средствами обучения: Проектор Epson EB-X03, Экран ScreenMedia, Доска аудиторная меловая, магнитная, Лаборатория орган химии - Шкаф вытяжной АФ-221"- 2 шт., Химический шкаф (стеллаж) -1 шт., Лабораторный стол с выкатными тумбами – 5 шт., Холодильник «Минск» - 2шт., Аппарат для вертикального электрофореза – 1 шт., Вакуумный испаритель РВО-64 – 1 шт., Вольметр ВУ-15 – 1 шт., Дезинтегратор УД-20 – 1 шт., Измеритель ионных сопротивлений (импеданса) - 1 шт., Источник питания для электрофореза "Эльф" – 1 шт., Осциллограф универсальный двухлучевой С-55 – 1 шт., Термостат ТС-80 – 1 шт., Центрифуга МПВ-310 – 1 шт., весы аналитические HR-200 – 1 шт., весы лабораторные ОНАУС – 2 шт., рефрактометр ИРФ 454Б2М – 1 шт., рефрактометр УРП – 1 шт., фотоэлектрокалориметр КФ 77 – 1шт., центрифуга лабораторная ОПК-8 – 1 шт., центрифуга лабор-я, медицин-я, настольная ЦЛн 16 с микропроцесс-ной системой управл – 1 шт., спектрофотометр СФ-2000, ферментер Minifors Сpresso бактериальный – 1шт., термостат WB4MS водный /с перемешиванием/ - 1 шт., термостат ТС-1/80 СПУ – 1 шт., служащими для представления учебной информации большой аудитории по дисциплине «Нанобиотехнологии» учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине «Нанобиотехнологии»: презентации в количестве 5 шт.

- Аудитория для проведения занятий практического типа. Аудитория оборудована: специализированной (учебной) мебелью на 12 посадочных мест; оборудована техническими средствами обучения: Проектор Epson EB-X03, Экран ScreenMedia, Доска аудиторная меловая, магнитная, Лаборатория орган химии - Шкаф вытяжной АФ-221"- 2 шт., Химический шкаф (стеллаж) -1 шт., Лабораторный стол с выкатными тумбами – 5 шт., Холодильник «Минск» - 2шт., Аппарат для вертикального электрофореза – 1 шт., Вакуумный испаритель РВО-64 – 1 шт., Вольметр ВУ-15 – 1 шт., Дезинтегратор УД-20 – 1 шт., Измеритель ионных сопротивлений (импеданса) - 1 шт., Источник питания для электрофореза "Эльф" – 1 шт., Осциллограф универсальный двухлучевой С-55 – 1 шт., Термостат ТС-80 – 1 шт., Центрифуга К-24 – 1 шт., Центрифуга МПВ-310 – 1 шт. служащими для представления учебной информации большой аудитории по дисциплине «Нанобиотехнологии».

- Компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, организации самостоятельной работы. Аудитория оборудована: специализированной (учебной) мебелью на 20 посадочных мест, доской меловой; оборудована техническими средствами обучения: Системный блок PentiumG850, Монитор BenQ G252HDA-1 шт.; Системный блокAthlon 2 X2 250, Монитор BenQ G252HDA – 8 шт.; Системный блок PentiumD 3.0GHz, Монитор Samsung 740N – 3 шт.; Моноблок IRU T2105P – 2 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQG955 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQ GL2250 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T200 HD – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T190N – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung 740N – 1 шт.; Проектор BenQ MX503; экран ScreenVtdiaEcot. С неограниченным доступом к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

- Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Аудитория оборудована: специализированной мебелью на 8 посадочных мест; Вытяжной шкаф – 1шт., Ламинарный шкаф – 2 шт., Термостат ТС-80 – 2 шт., Лабораторный стол металлический – 3 шт., Лабораторный стол с резиновой поверхностью – 2 шт.,

Холодильник «Атлант» – 1шт. Микроскоп монокулярный – 8 шт, Микроскоп "Биолам"-1 шт., Стерилизатор паровой ВК-75 ПТ "ТЗМОИ" – 1шт., Пипетка автоматическая Ленпипет 0,5-10 м"-1 шт., Пипетка-дозатор"-1 шт., Микроскоп Levenhuk D870Т тринокуляр"-1 шт., Проектор Оверхед"-1 шт., Проектор View Sonic"-1 шт., Проектор View Sonic"-1 шт., Ноутбук Lenovo"-2 шт., Принтер Brother -1 шт., Принтер Canon -1 шт.

6.2. Програмное обеспечение

DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal (Windows 10 Education 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Windows 7 Professional with Service Pack 1 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Windows Server 2008 Enterprise and Standard without Hyper-V with SP2 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Access 2016 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Access 2010 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine). Договор №03-016-14 от 30.10.2014г.

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 250-499. Форус Контракт №04-114-16 от 14ноября 2016г KES. Счет №РСЦЗ-000147 и АКТ от 23ноября 2016г Лиц.№1В08161103014721370444.

Microsoft Office Enterprise 2007 Russian Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 43364238.

Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 41059241.

Office 365 профессиональный плюс для учащихся. Номер заказа: 36dde53d-7cdb-4cad-a87f-29b2a19c463e.

6.3. Технические и электронные средства

Презентации по всем темам курса.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для освоения дисциплины «Нанобиотехнологии» применяются следующие образовательные технологии:

1. *Информационная лекция.* Лекция – это сжатое изложение основных научных фактов, что является базой для анализа рассуждений, оценок.
2. *Лекция-визуализация.* В ходе лекции студент преобразовывает устную и письменную информацию в визуальную форму, выделяя при этом наиболее значимые и существенные элементы. На лекции используются схемы, рисунки, чертежи, слайды-презентации, к подготовке которых привлекаются обучающиеся. Проведение лекции проводится в виде связного развернутого комментирования подготовленных наглядных пособий.
3. *Проблемная лекция.* В ходе проблемной лекции знания вводятся как «неизвестное», которое необходимо «открыть». Проблемная лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. При этом выдвигаемая проблема не имеет однотипного решения, готовой схемы нет. Данный тип лекции строится таким образом, что деятельность студента по ее усвоению приближается к поисковой, исследовательской. В ходе лекции происходит диалог преподавателя и студентов.
4. *Лекция-беседа.* Предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.
5. *Лекция с разбором конкретной ситуации.* В ходе лекции конкретная ситуация излагается устно или в виде краткого диафильма, видеозаписи и т. п. Студенты совместно анализируют и обсуждают представленный материал.
6. *Практические занятия* – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и

овладение определенными методами самостоятельной работы, которое формирует практические умения. Одной из форм практических занятий в вузе является семинар.

7. *Самостоятельная работа студентов* (см. п.4.4).

8. *Дистанционные образовательные технологии.* Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей. При освоении дисциплины «Нанобиотехнологии» используются компьютерные сетевые технологии (интернет-технологии) – способ дистанционной передачи информации, основанный на использовании глобальных и локальных компьютерных сетей для обеспечения доступа обучающихся к информационным образовательным ресурсам и для формирования совокупности методических, организационных, технических и программных средств реализации и управления учебным процессом независимо от места нахождения его субъектов. Для организации дистанционного обучения на основе этих технологий используется специализированное программное средство - образовательный портал ИГУ (educa.isu.ru).

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные материалы для входного контроля

Входного контроля для данной дисциплины не предусмотрено.

В рамках дисциплины «Нанобиотехнологии» используются следующие формы текущего контроля:

- контроль работы на семинарских занятиях (устный опрос)
- контроль самостоятельной работы (устный доклад с презентацией).

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенций ОПК-3 (см. п. III). Студенты, не выполнившие требования текущего контроля или получившие итоговую оценку текущей успеваемости «не удовлетворительно», считается имеющим текущую задолженность. Обучающиеся, имеющие задолженности, должны ликвидировать их не позднее, чем за неделю до начала промежуточной аттестации.

Вопросы для подготовки к семинарам

1. История возникновения нанотехнологии в датах и открытиях.
2. Приведите примеры нанобъектов и наносистем, их технические приложения.
3. Назовите объекты и методы нанобиотехнологии.
4. Перечислите перспективы развития нанобиотехнологии.
5. Дайте определение термину «Наноматериалы». Приведите классификацию наноматериалов.
6. Какие структуры называют нанопористыми структурами? Дайте их характеристику.
7. Какие структуры называют наночастицами. Дайте их характеристику.
8. Какие структуры называют нанотрубками и нановолокнами. Дайте их характеристику.
9. Дайте характеристику нанодисперсии (коллоиды, нанокристаллы и нанокластеры).
10. Дайте характеристику неорганическим и органическим функциональным наноматериалам.
11. Какие структуры называют гибридными наноматериалами? Дайте их характеристику.
12. Дайте характеристику наноструктурированным 1D, 2D и 3D материалам.

13. Где используются молекулярные сита?
14. Какие структуры называют нанокомпозитами? Какие свойства они проявляют?
15. Какие методы получения нанообъектов существуют в настоящее время? Опишите процессы получения нанообъектов сверху вниз (механоактивация и механосинтез).
16. Опишите процессы получения нанообъектов снизу вверх.
17. Опишите классификацию молекулярных наноструктур и дайте их характеристику.
18. Опишите особенности органических молекул как наноструктур.
19. Опишите биомолекулярные комплексы.
20. Как осуществляется сборка и самосборка гибридных бионаноструктур?
21. Опишите структуру мицелл и липосом. Какую функцию они выполняют?
22. Опишите способы управления движением и разделением частиц в жидкости. Каковы особенности воздействия внешних полей на биологические частицы?
23. Дайте определение диэлектрофореза. Назовите основные принципы диэлектрофореза.
24. Дайте определение фотофореза. Назовите основные принципы лазерного фотофореза.
25. Опишите способы управления движением частиц с помощью магнитных полей. Назовите основные принципы магнитофореза. Назовите области применения магнитофореза.
26. Дайте определение сенсорам и биосенсорам. Назовите основные аналитические характеристики сенсоров.
27. Как работают каталитические и аффинные биосенсоры?
28. Как осуществляется иммобилизация биологического материала?
29. Опишите устройство и принцип действия «микросистем полного анализа» и «лаборатории на чипе».
30. Каково устройство и принцип действия аналитических микрочипов (гибридизационных или матричных, микро- и нанофлюидных, гибридных)?
31. Каково устройство и принцип действия микро- и нанофлюидных чипов?
32. Каковы методы детектирования в микрочипах?
33. Как осуществляется электрофоретическое разделение ДНК на микрофлюидном чипе?
34. Как осуществляется ПЦР на микрочипе? Что такое Пироквенирование?
35. Каковы фотосенсибилизированные эффекты на клеточных системах? Что такое фотодинамическая терапия?
36. Что такое молекулярная память? Какие молекулярные и клеточные компьютеры вам известны?
37. Назовите применение нанотехнологий для развития принципиально новых методов диагностики болезней человека.
38. Какие наноматериалы для адресной доставки лекарственных препаратов и терапевтических генов используются в настоящее время?
39. Био- нанороботы. Назовите основные принципы создания бионанороботизированных систем. Как осуществляется управление нанороботами?
40. Дайте характеристику молекулярным машинам. Наноразмерные исполнительные механизмы. АТФ-синтаза.
41. Какие опасности использования наноматериалов существуют?
42. Как осуществляется контроль за использованием наноматериалов?

Перечень тем докладов с презентацией

	Раздел 1.
1.	Наноматериалы и их классификация. Краткая характеристика.
2.	Гибридные наноматериалы. Молекулярные сита. Методы получения. Использование.
3.	Нанокompозиты, структура и состав, использование.
4.	Фуллерены и углеродные нанотрубки, структура и состав, методы получения, использование.
5.	Нанопленки, получение, свойства, использование
6.	Применение квантовых точек при обнаружении биологических объектов.
7.	Микроскопия как метод исследования и диагностики нанообъектов и наносистем.
	Раздел 2.
1.	Наноструктуры, образуемые липидами (монослой, мицеллы, липосомы), получение, использование.
2.	Применение вирусных структур как инструментов нанотехнологий.
3.	Принципы работы биологических молекулярных машин.
4.	Технологии массивированного параллельного секвенирования ДНК как стратегическая основа развития современной медицины.
	Раздел 3.
1.	Диэлектрофорез, фотофорез, магнитофорез, принципы действия, использование.
2.	Оптофорез, птический пинцет, принцип действия, использование.
3.	«Микросистемы полного анализа» и «лаборатория на чипе», принципы действия, использование.
4.	Аналитические микрочипы (гибридизационные или матричные, микро- и нанофлюидные, гибридные микрочипы), принципы действия, использование
5.	Биочипы (гибридизационные микро- и наночипы, микро- и нанофлюидные чипы), принципы действия, использование.
6.	Методы детектирования в нанобиоаналитических системах.
	Раздел 4.
	Перспективы нанотехнологий в молекулярной электронике и биоэлектронике.
	Молекулярные, генетические и клеточные компьютеры.
	Раздел 5.
1.	Области применения нанотехнологий для развития принципиально новых методов диагностики и лечения болезней человека.
2.	Использование наноматериалов для адресной доставки лекарственных препаратов и терапевтических генов.
3.	Использование наноматериалов для визуализации патоморфологических структур, преодоления барьеров несовместимости.
4.	Использование наноматериалов для создания медицинских биороботов. Основные принципы создания бионанороботизированных систем, управление нанороботами.
5.	Молекулярные машины (АТФ-синтаза, кинезин, миозин, жгутиковый молекулярный двигатель). Неорганические (химические) молекулярные двигатели.
	Раздел 6.
1.	Нанотехнологии и проблемы окружающей среды.
2.	Развитие системы нанобиобезопасности в России и мире
3.	Гигиеническая и медико-биологическая оценка безопасности наноматериалов

Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации - экзамен. Система оценок: пятибалльная. ОС этого типа должны выявлять степень освоения теоретических знаний как базу для формирования компетенций, умения их применять в ситуациях, моделирующих профессиональную деятельность, а также сформированность компетенции ОПК-3, заявленной в п. III.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие в полном объеме аудиторную нагрузку,

самостоятельную работу, успешно сдавшие все предусмотренные формы текущего контроля. Студенты, имеющие задолженность по текущему контролю, должны выполнить все обязательные виды деятельности по учебному плану, и только затем допускаются к сдаче экзамена. Экзамен проводится в форме тестирования (приводятся вопросы для подготовки к тестированию).

Примерный список вопросов для подготовки к тестированию

1. Предмет и задачи нанобиотехнологии. История возникновения нанотехнологии.
2. Принципы и перспективы развития нанобиотехнологии.
3. Наноматериалы и их классификация.
4. Равновесные и неравновесные наноструктуры.
5. Кластеры: немонотонная зависимость свойств от количества атомов в кластере (примеры), верхняя и нижняя граница размеров кластера. Металлические кластеры. Молекулярные кластеры.
6. Нанотрубки и нановолокна.
7. Неорганические и органические функциональные наноматериалы.
8. Наноструктурированные 1D, 2D и 3D материалы. Молекулярные сита.
9. Нанокompозиты и их синергетические свойства.
10. Процессы получения нанообъектов сверху вниз. Механоактивация и механосинтез.
11. Процессы получения нанообъектов снизу вверх.
12. Самосборка и самоорганизация. Мицеллообразование. Самособирающиеся монослои.
13. Оптическая микроскопия и поляриметрия ближнего поля.
14. Методы конфокальной микроскопии.
15. Методы лазерной сканирующей микроскопии.
16. Методы многофотонной микроскопии.
17. Методы зондовой микроскопии.
18. Атомно- силовая микроскопия.
19. Сравнение аналитических характеристик и эффективности различных методов, применяемых для детекции наночастиц в биообъектах.
20. Особенности отбора биологического материала для детекции наночастиц в биологических жидкостях, клетках, срезах тканей животных и растений различными физико-химическими методами.
21. Биомолекулы как наноструктуры: нуклеиновые кислоты, белки.
22. Биомолекулярные комплексы: тубулярные бионаноструктуры.
23. Слоистые бионаноструктуры.
24. Гибридные бионаноструктуры, их сборка и самосборка.
25. Транспорт неэлектролитов через природные мембранные нанопоры
26. Управление движением и разделением частиц в жидкости. Особенности воздействия внешних полей на биологические частицы (макромолекулы, клетки).
27. Диэлектрофорез .Основные принципы диэлектрофореза.
28. Фотофорез. Принципы лазерного фотофореза.
29. Оптофорез. Оптический пинцет.
30. Магнитофорез. Магнитные частицы. Применения магнитофореза.
31. Сенсоры и биосенсоры. Трансдюсеры. Мультисенсорные системы.
32. Основные аналитические характеристики сенсоров. Каталитические и аффинные биосенсоры. Иммобилизация биологического материала.
33. «Микросистемы полного анализа», «лаборатория на чипе».
34. Получение гибридных микро- и наночипов. Принципы функционирования.
35. Микро- и нанофлюидные чипы. Функциональные элементы микро- и нанофлюидных чипов.
36. Анализ нуклеиновых кислот. Электрофоретическое разделение ДНК на

микрофлюидном чипе.

37. Обнаружение отдельных молекул и частиц. Наночастицы – носители иммобилизованных объектов.
38. Применение квантовых точек при обнаружении биологических объектов.
39. Молекулярная память. Молекулярные и клеточные компьютеры. ДНК-компьютеры.
40. Применение нанотехнологий для развития принципиально новых методов диагностики и лечения болезней человека.
41. Использование наноматериалов для адресной доставки лекарственных препаратов и терапевтических генов.
42. Применение нанотехнологий в медицине для преодоления барьеров несовместимости.
43. Нанороботы. Био-нанороботы. Основные принципы создания бионанороботизированных систем. Управление нанороботами.
44. Молекулярные машины. Наноразмерные исполнительные механизмы. АТФ-синтаза.
45. Кинезин, миозин, жгутиковый молекулярный двигатель.
46. Неорганические (химические) молекулярные двигатели.
47. Самосборка нанороботов. «Дорожная карта» развития био- нанороботов.
48. Проблемы внедрения нанотехнологии в промышленное производство.
49. Нанотехнологии и проблемы окружающей среды.
50. Развитие системы нанобиобезопасности в России и мире. Физико-химические свойства наночастиц, с которыми связывают потенциальные медико-биологические риски.

Разработчик:



(подпись) доцент Юринова Г.В.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика».

Программа рассмотрена на заседании кафедры физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики 17.04.2024 г. протокол № 15.

Зав. кафедрой, д.б.н., профессор В.П. Саловарова



Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы