

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.И. Чуприс

«4» августа 2019 г.

Регистрационный № УД-6744 уч.

НАНОБИОТЕХНОЛОГИИ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 04 01 Физика (по направлениям)

направление специальности 1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская
деятельность)

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 01-2013 и учебных планов УВО №G31-163/уч. от 30.05.2013 г., №G31и-174/уч. от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

И.В. Горудко – доцент кафедры биофизики Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Щербин Д.Г. – заведующий лабораторией нанобиотехнологий ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси», доктор биологических наук, доцент

Мартинovich Г.Г. – заведующий кафедрой биофизики, доктор биологических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой биофизики физического факультета Белорусского государственного университета (протокол №10 от 27.05.2019 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол №12 от 27.06. 2019 г.).

Заведующий кафедрой биофизики
д.б.н., доцент



Мартинovich Г.Г.



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – ознакомление студентов с основами нанобиотехнологий, а также современными представлениями в области физических свойств нанобиоматериалов, методов получения и исследования их структуры и свойств.

Задачи учебной дисциплины:

1. Ознакомить студентов с природными и синтетическими наноструктурами, основными методами их получения и анализа.
2. Сформировать представление о физических принципах, на основе которых нанобиоматериалы находят применение в различных областях нанотехнологий.
3. Научить студентов видеть области применения нанобиоструктур и разработанных устройств, понимать их возможности при решении конкретных задач.
4. Ознакомить студентов с технологическими методами создания физических и биологических преобразователей, а также закономерностями функционирования биосенсорных элементов (ферментные электроды, энталпиметрические, микробные и др.).
5. Научить осознавать и объяснять проблемы биобезопасности наноматериалов и нанотехнологий.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к циклу дисциплин специализации.

Материал дисциплины базируется на знаниях и представлениях, заложенных в общих курсах оптики, атомной физики, квантовой механики, термодинамики. Учебная дисциплина "Нанобиотехнологии" тесно связана со следующими дисциплинами «Физика мембранных систем» (7 семестр), «Молекулярная биофизика» (6 семестр), «Основы биохимии. Основы физиологии» (5 семестр).

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Нанобиотехнологии» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

***академические* компетенции:**

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

социально-личностные компетенции:

- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

- ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.
- ПК-2. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.
- ПК-3. Проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования.
- ПК-4. Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.
- ПК-5. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.
- ПК-6. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы.
- ПК-15. Применять знания физических основ современных технологий, средств автоматизации, методов планирования и организации производства, правового обеспечения хозяйственной деятельности и налоговой системы, современного предпринимательства, государственного регулирования экономики и экономической политики.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать: основные методы получения и анализа наноразмерных биообъектов; сущность биологических явлений и процессов, на основе которых разрабатываются нанотехнологии; важнейшие физико-химические свойства наноструктурированных биоматериалов; ведущие разработки ученых и инженеров в области нанобиотехнологий; направления в создании и развитии нанобиотехнологий;

уметь: объяснять физико-химические свойства наноструктурированных биоматериалов; раскрывать сущность ключевых понятий нанобиотехнологий; объяснять проблемы безопасности наноматериалов и нанотехнологий;

владеть: терминологией нанобиотехнологий; методологическими основами применения нанобиотехнологий.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 8 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Нанобиотехнологии» отведено:

– для очной формы получения высшего образования– 56 часов, в том числе 32 аудиторных часов, из них: лекции – 28 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1,5 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Нанотехнологии и нанобиотехнологии. Основные концепции и перспективы развития.

История развития нанотехнологий. Базовые понятия и определения. Положение нанообъектов на шкале размеров. Физические и технологические пределы миниатюризации. Нанобиотехнологии. Перспективы развития нанобиотехнологий. Применение нанотехнологий в медицине.

Раздел 2. Неорганические и органические наноматериалы: классификация, свойства, основные типы.

Тема 2.1. Изменение физико-химических свойств вещества при масштабировании размеров от макро- к микро- и нано-.

Причины отличий физико-химических свойств нанообъектов от макроскопических объектов.

Тема 2.2. Классификация, свойства, основные типы наноматериалов. Наноструктурированные 1D, 2D и 3D материалы. Графен, фуллерены, нанотрубки, дендримеры. Квантовые точки. Нанопористый кремний. Природные наносистемы. Биомолекулы как составляющие наномира. Природные нанокомпозитные системы (костная ткань).

Раздел 3. Молекулярно-клеточные основы нанобиотехнологий.

Тема 3.1. Основные принципы формирования наноструктур.

Создание нанообъектов: «снизу-вверх» или «сверху-вниз». Физические и химические методы.

Тема 3.2. Структурные принципы нанобиотехнологий и физические взаимодействия в биосистемах.

Биополимеры: белки, нуклеиновые кислоты и полисахариды. Наноструктуры, образуемые липидами (монослой, мицеллы, липосомы, мембраны). Самоорганизация нанообъектов и её использование при создании наноматериалов. Компоненты бимолекулярных комплексов. Физические основы самосборки биологических наноструктур. Молекулярное узнавание и аффинность. Антитела. Физика лиганд-рецепторного взаимодействия. Использование биоструктур в качестве темплатов для получения наноматериалов.

Раздел 4. Наноматериалы на основе пептидов и белков.

1D- и 2D-наносистемы на основе белков и пептидов. Примеры природных и синтетических самособирающихся филаментов и слоев. Использование в качестве матриц для синтеза и самоорганизации небелковых нанообъектов.

Сенсорные наносистемы пептидной природы, дизайн и возможности применения. Механические свойства белковых наносистем. Природные и синтетические белковые молекулы. Белковые нанокапсулы, их разнообразие и применение. Использование в качестве реакторов для синтеза небелковых наноматериалов; в качестве контейнеров для направленной доставки. Инженерия наноструктур заданной архитектуры на основе белков и пептидов.

Раздел 5. Самособирающиеся наноструктуры на основе нуклеиновых кислот.

Структурная ДНК-нанотехнология. Перекрест молекулы ДНК. Двухмерные поверхности. Сетки на основе ДНК-множеств; DX множества: дизайн и самосборка плоских кристаллов ДНК, модификации поверхности. ДНК нанотрубки: дизайн и характеристика, сравнение преимуществ и недостатков по отношению к углеродным нанотрубкам. Гибридные материалы. Возможность получения трехмерных материалов. ДНК-оригами. ДНК наномеханические устройства. Свето-, pH-зависимые и температурозависимые системы.

Раздел 6. Нанотехнологии и генная инженерия.

Экспрессия генов. Общая схема передачи генетической информации. Генетический код. Кодон. Гены. Хроматин. Геном. Репликация. Генетическая рекомбинация. Рекомбинантная ДНК. Ферменты генетической инженерии. Принцип метода полимеразной цепной реакции (ПЦР). Амплификация (ДНК-матрицы, праймеры). Применение метода ПЦР. Клонирование. Трансгенные животные и растения.

Раздел 7. Нанотехнологии на основе вирусов и прокариот.

Тема 7.1. Использование вирусов в нанотехнологиях.

Особенности строения вирусов: палочковидные и икосаэдрические вирусы. Вирусы, используемые в нанотехнологии. Использование вирусов для наноконструирования: химическая и генетическая модификация вирусов и вирусоподобных частиц. Методические подходы к модификации вирусных структурных белков. Примеры модификации вируса мозаики цветной капусты: присоединение пептидов, белков, антител, редокс-активных молекул, олигонуклеотидов, квантовых точек, наночастиц и нанотрубок. Использование вирусов для создания гибридных наноматериалов: нанопровода и ячейки памяти на основе ВТМ, литий-ионные аккумуляторы на основе фага M13. Использование вирусов в качестве биотемплатов для создания упорядоченных наноструктур.

Тема 7.2. Использование микроорганизмов в нанотехнологиях.

Виды микроорганизмов, способных к синтезу наноматериалов. Особенности метаболизма магнетобактерий, позволяющие синтезировать наноматериалы. Модификация микроорганизмов для синтеза наноматериалов. Синтез полупроводниковых материалов в генетически измененных микроорганизмах. Использование модифицированных бактерий для доставки наноматериалов в живую клетку. Практическое применение наноматериалов, синтезированных в живых организмах.

Раздел 8. Методы исследования биологических наноструктур.

Атомная силовая микроскопия (АСМ). Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ). Магнитно-резонансная томография (МРТ). Высокорастворяющая электронная микроскопия (ВРЭМ). Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Спектроскопия малоуглового рассеяния нейтронов (SANS). Флуоресцентный резонансный перенос энергии (FRET). Рентгеновская (дифракционная) кристаллография.

Раздел 9. Наноматериалы и нанотехнологии в биомедицинских исследованиях и медицинской практике.

Тема 9.1. Адресная доставка лекарственных препаратов.

Общие закономерности и особенности фармакокинетики и фармакодинамики наночастиц. Молекулярные мишени для адресной доставки наносистем. Физико-химические свойства фармакологически значимых наночастиц. Применение наночастиц в фотодинамической терапии и радиотерапии опухолей. Применение наночастиц в противовирусной и антибактериальной терапии.

Тема 9.2. Биосовместимые наноматериалы и тканевая инженерия.

3D-биопринтинг. Биомедицинские наноматериалы.

Тема 9.3. Нанодиагностикумы. Биосенсоры и биочипы.

Биологические и технические преобразователи информации. Нанобиосенсоры, их применение в диагностике и лечении заболеваний. ДНК-чипы. Биодатчики в живом организме.

Раздел 10. Нанотоксичность и безопасность.

Проблема безопасности наноматериалов и нанотехнологий. Особенности влияния наночастиц на живые организмы. Национальные и международные проекты в области безопасности наноматериалов и нанотехнологий.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Нанотехнологии и нанобиотехнологии. Основные концепции и перспективы развития.	2						
2	Неорганические и органические наноматериалы: классификация, свойства, основные типы.	4						устный опрос
2.1	Изменение физико-химических свойств вещества при масштабировании размеров от макро- к микро- и нано-.	2						
2.2	Классификация, свойства, основные типы наноматериалов.	2						
3	Молекулярно-клеточные основы нанобиотехнологий.	4						доклад, презентация
3.1	Основные принципы формирования наноструктур.	2						
3.2	Структурные принципы нанобиотехнологий и физические взаимодействия в биосистемах.	2						
4	Наноматериалы на основе пептидов и белков.	2						устный опрос
5	Самособирающиеся наноструктуры	2						

	на основе нуклеиновых кислот.							
6	Нанотехнологии и генная инженерия.	2						
7	Нанотехнологии на основе вирусов и прокариот.	4						устный опрос
7.1	Использование вирусов в нанотехнологиях.	2						
7.2	Использование микроорганизмов в нанотехнологиях.	2						
8	Методы исследования биологических наноструктур.						2	реферат
9	Наноматериалы и нанотехнологии в биомедицинских исследованиях и медицинской практике.	6					2	контрольная работа
9.1	Адресная доставка лекарственных препаратов.	2						
9.2	Биосовместимые наноматериалы и тканевая инженерия.	2						
9.3	Нанодиагностикумы. Биосенсоры и биочипы.	2						
10	Нанотоксичность и безопасность.	2						
	Всего часов	28					4	зачет

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Мартинович Г.Г., Сазанов Л.А., Черенкевич С.Н. Клеточная биоэнергетика: физико-химические и молекулярные основы. М.: URSS: ЛЕНАНД, 2017. С.200.
2. Нанобиотехнологии: Практикум / Абатурова А.М., Багров Д.В., Байжуманов А.А. и др.; Под ред. А.Б.Рубина. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 384с.
3. Рамсден Дж. Физико-технические основы бионанотехнологий и наноиндустрии / Рамсден Джереми Дж.; Пер.с англ. Л.Н.Кодомского. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 336с.: ил. - Список сокр.:с.325.-Список лит.:с.327.
4. Nanotechnology for Biology and Medicine: At the Building Block Level // ed. G. Silva and V. Parpura – Springer, 2012. – 234 p.

Перечень дополнительной литературы

1. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера. 2006. 336 с.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит. 2005. 416 с.
3. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. М.: БИНОМ. 2005. 134 с.
4. Газит Э. Нанобиотехнология: необъятные перспективы развития. – М.: Научный мир, 2011.
5. Глик Б., Пастернак Д. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. – М.: Мир, 2002.
6. Goodsell D.S. Bionanotechnology: Lessons from Nature. – Hoboken (New Jersey): Wiley-Liss, 2004.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать доклады с презентациями, контрольная работа по разделам дисциплины, защиту реферативных работ, устные опросы.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время.

Оценка по каждому контрольному мероприятию выставляется по десятибалльной шкале. При оценивании реферата (доклада) обращается внимание на: актуальность описываемой проблемы, содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, источники и их интерпретацию, корректность оформления.

Оценка текущей успеваемости (Т) рассчитывается как среднее оценок за каждое контрольное мероприятие (реферат (K_1), контрольная работа (K_2)):

$$\text{Оценка текущего контроля } T = \frac{K_1 + K_2}{2}$$

Оценка текущей успеваемости должна быть не ниже 4 баллов, оценка ниже 4 баллов считается неудовлетворительной. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Нанобиотехнологии» учебным планом предусмотрен зачет. Студент допускается к зачету при оценке текущей успеваемости $T \geq 4$. Итоговый контроль по курсу (И) проводится в виде опроса в устной форме в соответствии со списком вопросов к зачету. При итоговой отметке $I \geq 4$ материал по курсу считается зачтенным.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 8. Методы исследования биологических наноструктур (2 ч).

(Форма контроля – реферативная работа).

Тема 9. Наноматериалы и нанотехнологии в биомедицинских исследованиях и медицинской практике (2 ч).

(Форма контроля – контрольная работа).

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

При организации образовательного процесса используется **метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)**, который предполагает:

- приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач;
- анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.

При организации образовательного процесса также используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме курса;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- подготовка и написание рефератов, докладов с презентацией на заданные темы.

Темы реферативных работ

1. Методы исследования биологических наноструктур.
2. Нанотехнологии на основе вирусов.
3. Белковые наномашинны и нанопреобразователи. Биологические нанокатализаторы.
4. Молекулярное узнавание и аффинность. Антитела. Физика лиганд-рецепторного взаимодействия.
5. Физические основы самосборки биологических наноструктур.
6. Липиды в нанотехнологиях.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. История развития нанотехнологий. Положение нанообъектов на шкале размеров. Нанобиотехнологии.
2. Перспективные развития нанобиотехнологий.
3. Создание нанообъектов: «снизу-вверх» и «сверху-вниз».
4. Физико-химические свойства наноматериалов
5. Неорганические наноматериалы
6. Органические наноматериалы
7. Природные и функциональные нанобиоматериалы
8. Молекулярная организация вирусных наночастиц.
9. Молекулярное узнавание и аффинность.
10. Физика лиганд-рецепторного взаимодействия.
11. Наносистемы адресной доставки лекарств.
12. Нанотехнологии на основе структуры и свойств нуклеиновых кислот.
13. Методы химической гомогенизации
14. Гетерофазные методы
15. Атомно-силовая микроскопия
16. Оптическая микроскопия
17. Электронная микроскопия
18. Использование наноматериалов в аналитических системах
19. Использование наноматериалов в медицине

- 20.Использование наноматериалов в инженерии
- 21.Факторы потенциальной нанотоксичности
- 22.Генетическая инженерия
- 23.Клеточная инженерия
- 24.Тканевая инженерия
- 25.Молекулярные машины. Актюаторы.
- 26.Применение наночастиц в противовирусной и антибактериальной терапии. Наноструктуры серебра в асептике и дезинфекции.
- 27.Микрофиламенты и микротрубочки в нанотехнологиях.
- 28.Применение пептидных нанотрубок, пептидных матриц для биоминерализации, S-слоев, композитных неорганических наноматериалов.
- 29.Наноматериалы на основе пептидов (пептидные нанотрубки, сферические структуры).
- 30.Биосенсоры и биочипы.
31. Принцип метода полимеразной цепной реакции (ПЦР).
32. Биопринтинг

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Биоэнергетика и метаболизм	Кафедра биофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Изменение не требуется протокол № 10 от 27.05.2019
Клеточная информатика	Кафедра биофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Изменение не требуется протокол № 10 от 27.05.2019

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на 2019/2020учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № _____ от _____ г.)

Заведующий кафедрой
биофизики

д.б.н., доцент

_____ Г.Г.МартИНОВИЧ

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

к.ф.-м.н., доцент

М.С.Тиванов