

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.Н. Здрок

«28» июня 2021 г.

Регистрационный № УД- 9779/уч.



НАНОБИОТЕХНОЛОГИИ

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

1-31 04 07 Физика наноматериалов и нанотехнологий

2021 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 07-2013 и учебных планов УВО №G31-218/уч. от 20.02.2018 г., №G31и-219/уч. от 20.02.2018 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Горудко И.В., доцент кафедры биофизики, к.б.н., доцент
Мartiнович Г.Г., зав. кафедрой биофизики, д.б.н., доцент

РЕЦЕНЗЕНТ:

Щербин Д.Г., заведующий отделом медицинской нанобиофизики ГНУ
«Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси», д.б.н., доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой биофизики физического факультета Белорусского
государственного университета
(протокол № 11 от 26.04.2021 г.);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 24.05.2021 г.)

Заведующий кафедрой биофизики
д.б.н., доцент

Г.Г. Мартинoвич

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** специальных дисциплин компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Учебная дисциплина основана на базовых знаниях и представлениях, заложенных в следующих курсах: «Термодинамика», «Основы биохимии. Клеточная физиология», «Молекулярная биофизика», и др. Программа данного курса пересекается с дисциплинами «Основы биохимии. Клеточная физиология», «Биофизика клетки».

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. Иметь лингвистические навыки (устная и письменная коммуникация).

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

социально-личностные компетенции:

СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-4. Владеть навыками здорового образа жизни.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

профессиональные компетенции:

ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики наноматериалов и нанотехнологий, методов исследования физических объектов, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической, производственно-технической, опытно-конструкторской работы.

ПК-5. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-технической и научно-педагогической работы.

ПК-6. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, включая нанотехнологии.

ПК-9. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

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 34—аудиторных часа, из них: лекции – 30 часов, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 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. Наномедицина.

Раздел 2. Молекулярно-клеточные основы нанобиотехнологий

Тема 2.1. Физико-химические основы жизни.

Химический и молекулярный состав биосистем. Биогенные элементы. Микро- и макроэлементы. Биологические молекулы как составляющие наномира. Основные классы биологических молекул. Белки. Нуклеиновые кислоты. Углеводы и липиды. Физико-химические и биологические свойства биомолекул.

Тема 2.2. Клетка и клеточные органеллы.

Клетка – структурно-функциональная единица живого. Макромолекулярные и надмолекулярные структуры. Клеточные органеллы. Биомембраны. Цитоскелет. Ионная проводимость мембран. Рибосомы и синтез белка. Митохондрии и преобразование энергии в клетках. Ядро и генетическая информация. Особенности физико-химических условий в компартментах клетки.

Раздел 3. Самосборка и самоорганизация: их роль в нанобиотехнологии

Тема 3.1 Процессы самоорганизации и их особенности

Самосборка: понятия и определения. Молекулярное узнавание и аффинность. Комплементарность. Физика лиганд-рецепторного взаимодействия. Константа связывания и диссоциации. Супрамолекулярная химия. Комплексы типа «хозяин–гость». Примеры супрамолекулярных ансамблей. Основные типы нековалентных взаимодействий, формирующих супрамолекулярные структуры: ионные, ион-дипольные, ван-дер-ваальсовы, гидрофобные взаимодействия и водородные связи.

Тема 3.2. Бимолекулярные комплексы и их применение.

Компоненты бимолекулярных комплексов. Антиген. Антитело. ДНК и синтетические олигонуклеотиды (аптамеры). Аптамеры как искусственные антитела. Технология получения аптамеров. Биомиметика.

Раздел 4. Нанобиотехнологии в разработке диагностических устройств

Тема 4.1. Биосенсоры и биочипы.

Биологические и технические преобразователи информации. Обобщённая структурная схема биосенсора. Создание биосенсоров: иммобилизация биологического компонента. Классификация иммобилизации (физическая, химическая). Методы проведения измерений. ДНК-чипы. Биодатчики в живом организме.

Тема 4.2. Молекулярные детекторы и их применение в медицине.

Регистрация единичных молекул в растворе. Нанодиагностикумы на основе сканирующих микроскопов высокого разрешения и нанопор. Получение и применение наночастиц металлов, квантовых точек при разработке нанодиагностикумов.

Раздел 5. Применение наночастиц в биомедицинских исследованиях

Тема 5.1. Взаимодействие наночастиц с биологическими объектами.

Пути проникновения в организм. Биосовместимость. Взаимодействие наноматериалов с биологическими объектами. Белковая корона. Поверхностная модификация и стабилизация наночастиц для биомедицинского применения. Проблема безопасности наноматериалов и нанотехнологий.

Тема 5.2. Физико-химические свойства биологически активных и неактивных наночастиц.

Фуллерены. Углеродные нанотрубки. Наноалмазы. Наночастицы золота. Наночастицы серебра. Наночастицы оксидов цинка, железа, церия, титана. Дендримеры. Циклодекстрины. Применение наночастиц в фотодинамической, фототермической терапии и радиотерапии опухолей. Применение наночастиц в противовирусной и антибактериальной терапии. Контрастирующие агенты для биомедицинской визуализации.

Тема 5.3. Адресная доставка лекарственных препаратов.

Общие закономерности и особенности фармакокинетики и фармакодинамики наночастиц. Молекулярные мишени для адресной доставки наносистем. Биологические барьеры. Наноконтейнеры: липосомы, полимерные наноконтейнеры, стимул-чувствительные наноконтейнеры. Тераностика и тераностические конструкции.

Раздел 6. ДНК-нанотехнологии и генетическая инженерия

Тема 6.1. Функции и свойства нуклеиновых кислот.

Модель Уотсона-Крика. Механизмы плавления нуклеиновых кислот. Ген. Геном. Генетическая информация. Общая схема передачи генетической информации.

Тема 6.2. Методы генетической инженерии.

Рекомбинантная ДНК. Ферменты генетической инженерии. Принцип метода полимеразной цепной реакции (ПЦР). Применение метода ПЦР. Клонирование. Трансгенные животные и растения.

Раздел 7. Использование вирусов в нанотехнологиях

Особенности строения вирусов: палочковидные и икосаэдрические вирусы. 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.

Использование вирусов для создания гибридных наноматериалов. Использование вирусов в качестве биотемплатов для создания упорядоченных наноструктур. Разработка вакцин на основе вирусов.

Раздел 8. Биосовместимые наноматериалы и тканевая инженерия

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. ДНК-оригами. Двухмерные материалы на основе ДНК. ДНК нанотрубки: дизайн и характеристика. Возможность получения трехмерных материалов. Гибридные материалы. Искусственные ткани и органы. Требования к матрицам для тканевой инженерии. 3D-биопринтинг.

Раздел 9. 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.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	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	Молекулярно-клеточные основы нанобиотехнологий	4						
2.1	Физико-химические основы жизни	2						
2.2	Клетка и клеточные органеллы	2						устный опрос
3	Самосборка и самоорганизация: их роль в нанобиотехнологии	4						
3.1	Процессы самоорганизации и их особенности	2						
3.2	Бимолекулярные комплексы и их применение	2					2	контрольная работа
4	Нанобиотехнологии в разработке диагностических устройств	4						
4.1	Биосенсоры и биочипы	2						

4.2	Молекулярные детекторы и их применение в медицине	2						устный опрос
5	Применение наночастиц в биомедицинских исследованиях	6						
5.1	Взаимодействие наночастиц с биологическими объектами	2						
5.2	Физико-химические свойства биологически активных и неактивных наночастиц	2						
5.3	Адресная доставка лекарственных препаратов	2					2	контрольная работа
6	ДНК-нанотехнологии и генетическая инженерия	4						
6.1	Функции и свойства нуклеиновых кислот	2						
6.2	Методы генетической инженерии							
7	Использование вирусов в нанотехнологиях	2						решение(анализ) кейсов
8	Биосовместимые наноматериалы и тканевая инженерия	2						
9	Методы исследования биологических наноструктур	2						доклад, презентация
	Всего часов	30					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. Papura – Springer, 2012. – 234 p.
5. Рамбиди Н., Берёзкин А. Физические и химические основы нанотехнологий. – Litres, 2018.
6. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., и др. Основы молекулярной биологии клетки. М.: Лаборатория знаний, 2018.

Перечень дополнительной литературы

1. Wiesner M. R., Bottero J. Y. Environmental nanotechnology: applications and impacts of nanomaterials. – McGraw-Hill Education, 2017.
2. Seeman N. C. DNA Nanotechnology at 40 //Nano Lett. – 2020. – Т. 20. – №. 3. – С. 1477-1478.
3. Стив Дж. В., Этвуд Дж. Л., Супрамолекулярная химия. - т. 1, 2. – Москва: Академкнига, 2007.
4. Seeman N. C. DNA Nanotechnology at 40 //Nano Lett. – 2020. – Т. 20. – №. 3. – С. 1477-1478.
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 устный опрос, письменные контрольные работы по разделам дисциплины, а также выступление с докладом и решение(анализ) кейсов.

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 (доклады (Д), контрольная работа №1 (K₁), контрольная работа №2 (K₂)):

$$T = \frac{K_1 + K_2 + Д}{3}$$

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.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета.

Итоговый контроль по курсу проводится в виде опроса в устной форме в соответствие со списком вопросов к зачету (И). Проводится только после выполнения студентом всех контрольных работ при $T \geq 4$. При итоговой отметке $I \geq 4$ материал по курсу считается зачтенным.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Раздел 3. Самосборка и самоорганизация: их роль в нанобиотехнологии (2ч)

Молекулярное узнавание и аффинность. Комплементарность. Физика лиганд-рецепторного взаимодействия. Константа связывания и диссоциации. Основные типы нековалентных взаимодействий, формирующих супрамолекулярные структуры. Компоненты бимолекулярных комплексов. Антитела. Аптамеры.

(Форма контроля – контрольная работа)

Раздел 5. Применение наночастиц в биомедицинских исследованиях (2ч)

Взаимодействие наноматериалов с биологическими объектами. Белковая корона. Поверхностная модификация и стабилизация наночастиц для биомедицинского применения. Проблема безопасности наноматериалов и нанотехнологий. Молекулярные мишени для адресной доставки наносистем. Биологические барьеры. Наноконтейнеры: липосомы. полимерные наноконтейнеры, стимул-чувствительные наноконтейнеры.

(Форма контроля – контрольная работа)

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

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;
- использованию 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.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. История развития нанотехнологий. Положение нанообъектов на шкале размеров. Нанобиотехнологии.
2. Перспективы развития нанобиотехнологий.

3. Создание нанообъектов: «снизу-вверх» и «сверху-вниз».
4. Природные наносистемы в хранении, воспроизведении и реализации генетической информации клетки.
5. Основы клеточной теории.
6. Основные нанобиоструктуры клетки.
7. Самоорганизация нанобиобъектов и её использование при создании наноматериалов.
8. Нанобиотехнологии на основе структуры и свойств нуклеиновых кислот.
9. Структурная ДНК-нанотехнология.
10. Молекулярная организация вирусных наночастиц.
11. Молекулярное узнавание и аффинность.
12. Наносистемы адресной доставки лекарств.
13. Применение наночастиц в нанобиотехнологиях.
14. Белковые наномшины и нанопреобразователи.
15. Физика лиганд-рецепторного взаимодействия.
16. Атомная силовая микроскопия.
17. Применение пептидных нанотрубок, пептидных матриц для биоминерализации, S-слоев, композитных неорганических наноматериалов.
18. Фолдинг белка.
19. Биосенсоры и биочипы.
20. Принцип метода полимеразной цепной реакции.
21. Белки как природные наноструктуры.
22. Фуллерены и их применение в медицине.
23. Дендримеры и их применение в медицине.
24. Углеродные нанотрубки и их применение в медицине.
25. Липосомы и их применение в медицине.
26. Полимерные нанокapsулы и их применение в медицине.
27. Магнитные наночастицы в медицине.

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)
Нанобиосенсоры и нанобиоэлектроника	Кафедра биофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Изменение не требуется (протокол № 11 от 26.04.2021)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
