

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А. Л. Толстик

« 29 » июля 2016

Регистрационный № УД- 2812 /уч.

НАНОБИОСЕНСОРЫ И НАНОБИОЭЛЕКТРОНИКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 07 Физика наноматериалов и нанотехнологий

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 07-2013 и учебных планов УВО №G31-143/уч. от 30.05.2013 г., и №G31и-179/уч. от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

П.М. Булай – доцент кафедры биофизики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой биофизики физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 12 от 31.05.2016);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 11 от 27.06. 2016 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Нанобиосенсоры и нанобиоэлектроника» разработана для специальности 1-31 04 07 Физика наноматериалов и нанотехнологий (специализация «Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии»).

Цель учебной дисциплины – ознакомление студентов с современными представлениями в области физических свойств наноматериалов, методов получения и исследования их структуры и свойств, физических принципов функционирования информационно-преобразующих систем, технологических методов создания физических и биологических преобразователей, закономерностей функционирования биосенсорных элементов (ферментные электроды, энталпиметрические, микробные и др.).

Задача лекционного курса состоит в том, чтобы ознакомить студентов с природными и синтетическими наноструктурами и областями их применения, сформировать представление о физических принципах, лежащих в основе наноразмерных объектов и технологических процессов их получения, раскрыть сущность основных принципов создания информационно-преобразующих устройств, научить студентов видеть области применения разработанных устройств, понимать их возможности при решении конкретных задач, осознавать проблемы биобезопасности.

Материал курса основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в следующих курсах: «Термодинамика», «Основы биохимии. Клеточная физиология», «Физика мембранных систем» и «Молекулярная биофизика».

В результате изучения дисциплины «Нанобиосенсоры и нанобиоэлектроника» студент должен:

знать:

- основные представления о строении и функционировании нанобиосенсоров;
- физические и физико-химические основы создания нанобиосенсоров и нанобиоэлектроники;

уметь:

- рассчитывать физические характеристики нанобиосенсоров и нанобиоэлектроники;

владеть:

- терминологией дисциплины;
- базовыми принципами строения и функционирования нанобиосенсоров и нанобиоэлектроники.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций.

Академические компетенции:

1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
2. Владеть системным и сравнительным анализом.
3. Владеть исследовательскими навыками.
4. Уметь работать самостоятельно.
5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

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

Социально-личностные компетенции:

1. Быть способным к социальному взаимодействию.

2. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

3. Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).

4. Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики наноматериалов и нанотехнологий, методов исследования физических объектов, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования.

2. Осуществлять на основе методов математического моделирования оценку эксплуатационных параметров функциональных наноматериалов и технологических процессов их получения.

3. Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

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

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

7. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

8. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины – 92, из них количество аудиторных часов – 32.

Форма получения высшего образования – очная, дневная.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и аудиторного контроля управляемой самостоятельной работы (УСР) студентов. На проведение лекционных занятий отводится 26 часов, на УСР – 6 часов.

Занятия проводятся на 4-м курсе в 8-м семестре.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение. История развития нанотехнологий. Положение нанобъектов на шкале размеров. Физические и технологические пределы миниатюризации. Перспективы развития нанотехнологий.

2. Наноматериалы. Изменение физико-химических свойств вещества при масштабировании размеров от макро- к микро- и нано-. Причины отличий физико-химических свойств нанобъектов от макроскопических объектов. Особенности физических взаимодействий для наноразмерных структур. Спинтроника нанобъектов.

Неорганические и органические наноматериалы. Наноструктурированные 1D, 2D и 3D материалы. Графен, фуллерены, нанотрубки, дендримеры. Квантовые точки. Нанопористый кремний.

Природные наносистемы. Биомолекулярные наночастицы. ДНК, белки, полисахариды, молекулярные ансамбли. Наноструктуры, образуемые липидами (монослой, мицеллы, липосомы, мембраны).

Функциональные наноструктурированные материалы. Модификация ионной проводимости мембран, параметрическое управление функциями биоструктур, биомеханические системы (наномоторы, искусственная мышца, фильтрация, регуляция механической прочности и т.д.), материалы медицинского назначения. Природные нанокомпозитные системы (костная ткань).

3. Основные принципы формирования наноструктур. Создание нанобъектов: «снизу-вверх» или «сверху-вниз». Физические и химические методы. Фотолитография как традиционный метод формирования планарных микро- и наноструктур. Проблемы фотолитографии. Рентгенолитография. Электронно-лучевая и ионно-лучевая литография. Молекулярно-лучевая и газофазная эпитаксия. Нанолитография.

Самоорганизация нанобъектов и её использование при создании наноматериалов. Процессы зародышеобразования в газовых и конденсированных средах. Агрегация и дезагрегация наночастиц. Методы химической гомогенизации (соосаждение, «золь-гель» метод, криохимическая технология и др.). Островковые структуры и монослои. Мицеллообразование. Технология гетерофазного получения нанопокровов (Лэнгмюра – Блоджетт). Биомембраны. Рафты. Молекулярная организация вирусных наночастиц. Использование биоструктур в качестве шаблонов для получения наноматериалов

4. Методы исследования наноматериалов и наноструктур. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ). Устройство и принцип работы атомно-силового микроскопа, туннельного микроскопа. Оптическая микроскопия ближнего поля. Инструментальные методы СЗМ: управляемое манипулирование нанобъектами. Нанолитография с помощью СТМ-микроскопа. Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем.

5. Нанотоксичность и безопасность. Возможные риски при производстве и использовании наноматериалов. Факторы потенциальной нанотоксичности. Примеры токсического воздействия наноматериалов. Биобезопасность.

6. Современные биологические технологии. Классификация биологических технологий. Примеры биологических технологий. Программы исследований в области биотехнологий (на примере России).

7. Биоинженерия информационно-преобразующих систем. Применение принципов биологической эволюции для создания технических устройств. Генетический алгоритм. Модели «квазивидов», «гиперциклов», «сайзеров». Концепции нейрокompьютера и биокompьютера. Биочипы. Основные этапы создания информационно-логических систем.

8. Молекулярная электроника. Направления молекулярной электроники. Элементы молекулярных электронных устройств. Основные процессы, которые могут быть использованы в молекулярных устройствах. Методы создания молекулярных электронных устройств. Проводящие полимеры. Биомолекулярные электронные системы. Применение полимолекулярных электронных устройств. Биоимплантаты.

9. Биосенсоры. Принципы молекулярного распознавания биологических макромолекул. Понятие измерительного преобразования. Биологические и технические преобразователи информации. Обобщённая структурная схема биосенсора. Методы проведения измерений.

10. Ферментные электроды. Имобилизованные ферменты. Носители для имобилизации ферментов и их активация. Физическая и химическая имобилизация ферментов. Потенциометрические ионселективные электроды. Газовые сенсоры. Кондуктометрические датчики. Амперометрические датчики. Электрод Кларка. Потенциометрические ферментные электроды. Амперометрические ферментные электроды. Избирательность и стабильность действия ферментных электродов.

11. Неэлектродные сенсорные системы. Термохимия ферментативных реакций. Энтальпиметрические сенсоры. Количественные закономерности функционирования энтальпиметрических сенсоров. Сенсоры на основе микроорганизмов. Функциональность микробных сенсоров. Моделирование действия микробных сенсоров. Сенсорные системы на основе микровесов, полевых транзисторов, волоконной оптики, термисторов, емкостных измерительных преобразователей нефарадеевского типа и др.

12. Нанобиоаналитические системы. Иммунохимические аналитические системы. Взаимодействие «антиген-антитело». Возможные методы регистрации реакции «антиген-антитело». Радиоиммунный, иммунолюминесцентный методы. Иммуноферментный анализ. Иммуносенсоры.

ДНК-чипы, «lab-on-a-chip». Микро- и наноэлектромеханические системы (МЭМС и НЭМС). Наномедицина.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6		7	8	9
1.	Введение. История и перспективы развития нанотехнологий.	2						1,2,3,4	
2.	Наноматериалы. Физико-химические свойства наноматериалов.	2						1,2,3	
3.	Наноматериалы. Неорганические и органические наноматериалы.	2					2	1,2,3	Контрольная работа
4.	Основные принципы формирования наноструктур.	2						1,2,3	
5.	Методы исследования наноматериалов и наноструктур.	2					2	1,2,3	Реферат
6.	Нанотоксичность и безопасность.	2						1,2,3	
7.	Современные биологические технологии.	2						5,6	
8.	Биоинженерия информационно-преобразующих систем.	2						7,8	
9.	Молекулярная электроника.	2						7, 13	
10.	Биосенсоры.	2					2	8, 9, 13	Опрос
11.	Ферментные электроды.	2						10, 11, 12	
12.	Неэлектродные сенсорные системы.	2						11, 13	
13.	Нанобиоаналитические системы.	2						13, 14	
	Всего часов	26					6		экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература по курсу

Основная

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. Ландрэ Э. Общие направления развития нанотехнологии до 2020 г. //Российские нанотехнологии. 2007. – Т. 2. - №3,4. – С. 8-15.
5. Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика: В 3т. М.: Мир, 1987.
6. Гилберт С. Биология развития. М., Изд. «Мир», 1999, (в трех томах).
7. Молекулярная элементная база перспективных информационно-логических устройств. Итоги науки и техники. Электроника. 1987, т.22.
8. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. М.: Техносфера. 2005. 335 с.
9. Харт Х. Введение в измерительную технику. М.:Мир. 1999. 391 с.
10. Березин И. В. и др. Имобилизованные ферменты. Биотехнология. 1987. т.7. М.: Высшая школа.
11. Корыта И. Ионы, электроды, мембраны. М.; Мир. 1983. 264 с.
12. Кулис Ю.Ю. Аналитические системы на основе иммобилизованных ферментов. 1981.
13. Стародуб Н.Ф. Неэлектродные биосенсоры - новое направление в биохимической диагностике. Биополимеры и клетка. 1989, т.5, №1, 5-15.
14. Неизотопные методы иммуноанализа. Итоги науки и техники. Биотехнология, 1987, т.3.

Дополнительная

1. Евдокимов Ю.М., Захаров М.А., Скуридин С.Г. Нанотехнология на основе нуклеиновых кислот // Вестн. РАН. - 2006. - Т.76, N 2. - С.112-120.
2. Биосенсоры: основы и приложения. Ред. Э. Тернер, И. Карубе, Дж. Уилсон. М., Мир, 1992.
3. Искусственные мембранные структуры и перспектива их использования. Биологические мембраны. 1988. т.5. №12, с.1237-1269.
4. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Академия. 2005. 187 с.
5. Андрюшин Е.А. Сила нанотехнологий: наука & бизнес. Фрязино: Век2 2007. 159 с.
6. Заседателев А.С. Нанобиотехнологии с макро- и микропериферией: биологические микрочипы // Экология - XXI век. - 2005. - N 3(27). - С.91-93.
7. Скуридин С. Г. и др. Молекулярные конструкции на основе жидких кристаллов двухцепочечных молекул нуклеиновых кислот: образование, свойств, практическое использование. // Жидкие кристаллы. -2003, вып. 3. – С. 48-68.
8. Рамбиди Н.Г., Замалин В.М. Молекулярная микроэлектроника: истоки и надежды. Знание. сер.Физика. 1985, №11.
9. Щука А. А. Нанoeлектроника - М. : Физматкнига, 2007. - 463 с.
10. Стив Дж. В., Этвуд Дж. Л., Супрамолекулярная химия. - т. 1, 2. – Москва: Академкнига, 2007.

Интернет ресурсы

1. <http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/>
2. <http://cellbio.utmb.edu/cellbio/>
3. <http://obi.img.ras.ru/humbio/>
4. <http://medicine1.narod.ru/>
5. <http://www.ntmdt.ru/> (Принципы СЗМ, СЗМ методики)
6. <http://nano.msu.ru/>
7. <http://nanomedicine.ru/>

Примерный перечень заданий управляемой самостоятельной работы

Рекомендуемые темы для составления тестовых и контрольных заданий по учебной дисциплине

1. Принципы молекулярного распознавания биологических макромолекул.
2. Понятие измерительного преобразования.
3. Биологические и технические преобразователи информации.
4. Обобщённая структурная схема биосенсора.
5. Методы проведения измерений.
6. Изменение физико-химических свойств вещества при масштабировании размеров от макро- к микро- и нано-.
7. Причины отличий физико-химических свойств нанообъектов от макроскопических объектов.
8. Особенности физических взаимодействий для наноразмерных структур. Спинтроника нанообъектов.
9. Неорганические и органические наноматериалы.
10. Наноструктурированные 1D, 2D и 3D материалы.
11. Графен, фуллерены, нанотрубки, дендримеры.
12. Квантовые точки.
13. Нанопористый кремний.

Примерная тематика реферативных работ по учебной дисциплине

1. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ).
2. Устройство и принцип работы атомно-силового микроскопа, туннельного микроскопа.
3. Оптическая микроскопия ближнего поля.
4. Инструментальные методы СЗМ: управляемое манипулирование нанообъектами.
5. Нанолитография с помощью СТМ-микроскопа.
6. Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Контрольные работы по разделам дисциплины.
2. Устные опросы.
3. Защита реферативных работ.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать тестовые и контрольные задания 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 каждой из контрольных работ 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.

Контрольные мероприятия проводятся в письменной форме. Каждая из контрольных работ включает тестовые задания и контрольные вопросы. На выполнение контрольной работы отводится 90 мин. Оценка каждой контрольной проводится по десятибалльной шкале.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Реферат оформляется подобно обзору литературных данных в курсовой работе и должен включать около 10-15 страниц (включая титульный лист, оглавление, иллюстрации и список литературы). Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за каждую из письменных контрольных и оценок за защиту реферата.

Текущий контроль по дисциплине (Т, максимум 10 баллов) включает 1 промежуточную письменную контрольную работу, 1 опрос, 1 реферат (максимум 10 баллов по каждому мероприятию).

$$\text{Оценка текущего контроля } T = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3}$$

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости – 0,5; для экзаменационной оценки – 0,5.

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)
Физика мембранных систем	Кафедра биофизики	Замечаний нет	Изменение не требуется протокол № 12 от 31.05.2016
Термодинамика	Кафедра биофизики	Замечаний нет	Изменение не требуется протокол № 12 от 31.05.2016
Молекулярная биофизика	Кафедра биофизики	Замечаний нет	Изменение не требуется протокол № 12 от 31.05.2016
Основы биохимии. Клеточная физиология	Кафедра биофизики	Замечаний нет	Изменение не требуется протокол № 12 от 31.05.2016

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____ / ____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой

биофизики

академик, профессор

_____ С.Н. Черенкевич

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

д.ф.-м.н., профессор

_____ В.М. Анищик