

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.И. Чуприс

«04» сентября 2019 г.

Регистрационный № УД- УДЧ уч.

СПЕКТРОСКОПИЯ И ДИАГНОСТИКА НАНО- И МИКРООБЪЕКТОВ

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

1-31 80 05 Физика

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 05-2019; учебного плана № G31-062/уч. от 11.04.2019 г.;

СОСТАВИТЕЛИ:

Д.В. Горбач - доцент кафедры лазерной физики и спектроскопии физического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

В.А. Лапина – Ведущий научный сотрудник лаборатории оптоэлектроники и голографии Института физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, кандидат химических наук.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Самцов М.П. – заведующий лабораторией спектроскопии НИИПФП им. А.Н. Севченко, доктор физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 7 от 15 ноября 2019 г.);

Научно-методическим Советом БГУ (протокол № 2 от 03 декабря 2019 г.)

Зав.кафедрой _____ Толстик А.Л.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – дать магистрантам теоретические основы методов спектроскопии и диагностики применяемых при детектировании и анализе различных типов нано- и микрообъектов, ознакомить их с современными способами определения формы, размера, состава, строения нано- и микроструктур, композитных материалов на их основе и их функциональных свойств; дать представления об основных принципах и аппаратурном обеспечении современных спектроскопических методов анализа.

Задачи учебной дисциплины:

1. Ознакомить студентов с современными методами спектроскопии диагностики нано- и микрообъектов, областями их применимости для конкретными видов объектов.

2. Ознакомить студентов с современным спектроскопическим оборудованием УФ-, видимого, и инфракрасного диапазона.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра): дисциплина «Спектроскопия и диагностика нано- и микрообъектов» нацелена на подготовку магистров к проведению самостоятельной научно-исследовательской деятельности в сфере исследования свойств нано- и микроструктур, разработки и создания новых материалов и устройств на их основе.

Учебная дисциплина относится к модулю по выбору «Лазеры и прикладная спектроскопия» компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.: Программа дисциплины основывается на знаниях и представлениях, полученных при изучении дисциплин «Оптика», «Атомная спектроскопия», «Спектроскопия молекулярных и кристаллических структур», «Люминесценция». Сведения, приобретенные в ходе изучения дисциплины, важны для более глубокого и качественного усвоения дисциплины «Квантовые и нелинейные эффекты в оптике».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Спектроскопия и диагностика нано- и микрообъектов» должно обеспечить формирование следующей компетенции:

Специализированные компетенции:

СК-11 - Быть способным использовать методы определения спектральных характеристик фотонных структур, нано- и микрообъектов при решении фундаментальных и прикладных задач.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

– теоретические основы атомной и молекулярной спектроскопии, методов сканирующей микроскопии и микроскопии высокого разрешения, а

также применимость данных методов к наноразмерным объектам с целью определения их фотофизических свойств.

уметь:

– определять методы исследования, применимые при решении задачи определения свойств конкретного низкоразмерного объекта, либо содержащего его материала.

владеть:

– современными тенденциями в методах спектроскопического анализа и диагностики новейших созданных нано- и микроразмерных объектов.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается во 2 семестре. Форма получения высшего образования — очная, дневная. Всего на изучение учебной дисциплины «Спектроскопия и диагностика нано- и микрообъектов» отведено: 90 часов, в том числе 48 аудиторных часа, из них: лекции – 34 часа, семинарские занятия – 10 часов, аудиторный контроль УСП – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение. Предмет курса. Наноструктуры. Классификация наноструктур. Основные свойства наноструктур. Оптические свойства наночастиц и структур. Квантоворазмерный эффект. Спектры поглощения полупроводниковых наночастиц. Методы диагностики и спектроскопии используемые для анализа объектов различной размерности.

Тема 2. Нанобиотехнологии и нанобиоматериалы. Использование наноматериалов и тенденции в области нанотехнологий на глобальном уровне. Типы нанобиоматериалов. Различные микроскопические методы их исследования. Примеры регистрации внутриклеточной структуры и распределения наночастиц на клеточном уровне. Риски, связанные с использованием наноматериалов.

Тема 3. Гибридные нано- и микроструктуры. Различные типы гибридных структур. Методы исследования гибридных комплексов и материалов на их основе. Их роль в развитии оптических технологий и биомедицине. Гибридные нано- и микрокомплексы. Особенности строения и свойств супрамолекулярных комплексов, содержащих редкоземельные элементы. Их роль в биомедицинской оптике и оптическом материаловедении.

Тема 4. Углеродные наноструктуры. Типы углеродных наноструктур их строение и физико-химические свойства. Роль углеродных наноструктур в материаловедении и биомедицине. Методы диагностики и исследования углеродных наноструктур и наноматериалов. Особенности строения и перспективы использования.

Тема 5. Плазмонные наноструктуры. Оптические свойства реальных металлов. Плазмоны. Оптические свойства сферических наночастиц. Спектроскопия отдельных плазмонных наночастиц.

Тема 6. Фотонные кристаллы. Структура, размерность фотонных кристаллов. Фотонные запрещенные зоны. Основы теории фотонных кристаллов. Методы формирования и исследования.

Тема 7. Оптический пинцет. Силы в удерживающих полях. Давление излучения. Оптические пинцеты. Оптическая манипуляция наночастицами. Спиновый и орбитальный угловой момент светового пучка.

Тема 8. Микроскопические методы исследования наноструктур. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия наноструктур. Оптическая микроскопия высокого разрешения. Сканирующая апертурная и безапертурная микроскопия. Зонды для микроскопии ближнего поля. Поляризационная спектроскопия. Методы распознавания одиночных низкоразмерных объектов.

Тема 9. Рентгеновская спектроскопия наноструктур. Основные принципы мёсбауэровской спектроскопии наноструктур. Сверхтонкое взаимодействие, квадрупольное расщепление, магнитное расщепление мёсбауэровского спектра. Мёсбауэровская спектроскопия магнитных наночастиц.

Рентгеновская спектроскопия наноразмерных объектов: рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, рентгеноструктурный анализ.

Тема 10. Дифракционные методы исследования наноструктур. Дифракция рентгеновского излучения и нейтронов. Малоугловая рентгеновская дифрактометрия. Характеризация функциональных свойств наносистем дифракционными методами.

Тема 11. Магнитный резонанс Введение в магнитный резонанс. Физические основы метода ЭПР. Применение ЭПР для исследования структуры и динамики наноразмерных систем. ЯМР спектроскопия твердого тела. Применение методов ЯМР в исследованиях наночастиц.

Тема 12. Методы оптической спектроскопии наноструктур. Спектроскопия одиночных молекул. ИК- и КР-спектроскопия. Спектроскопия электронного поглощения и флуоресценции наноструктур. Лазерная сканирующая конфокальная микроскопия. Спектроскопия одиночных молекул. ИК- и КР-спектроскопия наноструктур.

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	Введение. Предмет курса.	4						Устный опрос
2	Нанобиотехнологии и нанобиоматериалы.	2		2				Устный опрос, Рефераты
3	Гибридные нано- и микроструктуры.	4						Устный опрос
4	Углеродные наноструктуры.	2						Устный опрос
5	Плазмонные наноструктуры.	2						Устный опрос
6	Фотонные кристаллы.	2						Устный опрос
7	Оптический пинцет.	2		2				Устный опрос, Учебная дискуссия
8	Микроскопические методы исследования наноструктур.	4		2			2	Устный опрос, Тематические презентации
9	Рентгеновская спектроскопия наноструктур.	4						Устный опрос
10	Дифракционные методы исследования наноструктур.	2						Устный опрос
11	Магнитный резонанс	2		2				Устный опрос, Учебная дискуссия

12	Методы оптической спектроскопии наноструктур.	4		2			2	Устный опрос, Рефераты, Учебная дискуссия
Итого		34		10			4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Bhagyaraj S. M. Characterization of Nanomaterials: Advances and Key Technologies / S. M. Bhagyaraj, O. S. Oluwafemi, N. Kalarikkal, S. Thomas. – Elsevier Ltd. – 2018. – 390 p.
2. Tolstik, A. Photonics. / A. Tolstik, I. Agishev, D. Gorbach, V. Myshkovets, A. Maksimenka, G. Baevich, A. Melnikova, A. Lyalikov, A. Fedotov, J. Peuteman, M. Tivanov, N. Strekal, G. Vasilyuk, I. Semchenko, S. Khakhomov. – Riga Technical University. Riga. – 2019. – 535 p.
3. Anders J., Korvink J.G. Micro and Nano Scale NMR: Technologies and Systems Wiley-VCH. – 2018. — 431 p.
4. А.И. Сидоров, Н.В. Никоноров, Нанопотоника и наноплазмоника. Учебное пособие / СПб: Университет ИТМО. – 2014. – 108 с.
5. Egerton, R. F. Physical principles of electron microscopy: An introduction to TEM, SEM and AEM / R. F. Egerton. – 2nd ed. – Cham: Springer International Publishing, 2016. – 196 p.
6. Асеев В.А., Золотарев В.М., Никоноров Н.В. Приборы и методы исследования наноматериалов фотоники. Учебное пособие. — СПб.: Университет ИТМО, 2015. — 130 с.
7. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. М.: Физматлит. 2010.

Перечень дополнительной литературы

1. Гапоненко С.В., Розанов Н.Н., Ивченко Е.Л., Федоров А.В., Бонч-Бруевич А.М., Вартанян Т.А., Пржибельский С.Г. Оптика наноструктур. СПб.: Недра. – 2005.
2. Новотный Л., Хехт Б. Основы нанооптики. М.: Физматлит. – 2011.
3. Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля М.: Техносфера. 2004. - 384 с.
4. Толстой В.П. Введение в оптическую абсорбционную спектроскопию наноразмерных материалов Учебное пособие. — СПб.: Соло. – 2014. — 187 с.
5. А. В. Феофанов. Спектральная лазерная сканирующая конфокальная микроскопия в биологических исследованиях. Успехи биологической химии, т.47, 2007, с. 371-410.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

1. Устные опросы.
2. Проверка рефератов.

3. Тематические презентации.

4. Учебная дискуссия.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Спектроскопия и диагностика нано- и микрообъектов» учебным планом предусмотрен экзамен

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (постановление Министерства Образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);

2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в Белорусском государственном университете (№ 382-ОД от 18.08.2015 г.);

3. Критериев оценки знаний и компетенций студентов по 10-бальной шкале.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

- Устные ответы по теме занятия – 20 %;
- Реферат – 30 %;
- Участие в учебной дискуссии – 20 %;
- Тематические презентации – 30 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценка по текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационная оценка – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 8. Микроскопические методы исследования наноструктур. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия наноструктур. Оптическая микроскопия высокого разрешения. Сканирующая апертурная и безапертурная микроскопия. Зонды для микроскопии ближнего поля. Поляризационная спектроскопия. Методы распознавания одиночных низкоразмерных объектов (**2 часа**).

Форма контроля – тематические презентации.

Тема 12. Методы оптической спектроскопии наноструктур. Спектроскопия одиночных молекул. ИК- и КР-спектроскопия. Спектроскопия электронного поглощения и флуоресценции наноструктур. Лазерная

сканирующая конфокальная микроскопия. Спектроскопия одиночных молекул. ИК- и КР-спектроскопия наноструктур.

(2 часа).

Форма контроля – проверка рефератов.

Примерная тематика семинарских занятий

Тема 1. Нанобиотехнологии и нанобиоматериалы. Использование наноматериалов и тенденции в области нанотехнологий на глобальном уровне. Типы нанобиоматериалов. Различные микроскопические методы их исследования. Примеры регистрации внутриклеточной структуры и распределения наночастиц на клеточном уровне. Риски, связанные с использованием наноматериалов. **(2 часа).**

Тема 2. Оптический пинцет. Силы в удерживающих полях. Давление излучения. Оптические пинцеты. Оптическая манипуляция наночастицами. Спиновый и орбитальный угловой момент светового пучка. **(2 часа).**

Тема 3. Микроскопические методы исследования наноструктур. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия наноструктур. Оптическая микроскопия высокого разрешения. Сканирующая апертурная и безапертурная микроскопия. Зонды для микроскопии ближнего поля. Поляризационная спектроскопия. Методы распознавания одиночных низкоразмерных объектов. **(2 часа).**

Тема 4. Магнитный резонанс Введение в магнитный резонанс. Физические основы метода ЭПР. Применение ЭПР для исследования структуры и динамики наноразмерных систем. ЯМР спектроскопия твердого тела. Применение методов ЯМР в исследованиях наночастиц. **(2 часа).**

Тема 5. Методы оптической спектроскопии наноструктур. Спектроскопия одиночных молекул. ИК- и КР-спектроскопия. Спектроскопия электронного поглощения и флуоресценции наноструктур. Лазерная сканирующая конфокальная микроскопия. Спектроскопия одиночных молекул. ИК- и КР-спектроскопия наноструктур. **(2 часа).**

Примерный перечень тем реферативных работ

1. Примеры влияния квантоворазмерных эффектов на фотофизические свойства материалов.
2. Градиентные композиционные материалы.
3. Квантовые точки. Методы исследования и применение квантовых точек.
4. Спектроскопия одиночных молекул.
5. Гигантское комбинационное рассеивание - основные методики исследования материалов.

6. Биологические композиционные материалы и биосовместимые композиты.
7. Синтез и исследование тубулярных наноструктур.
8. Фуллерены. Спектроскопические методы исследования.
9. Графен. Методы исследования, перспективы использования.
10. Материалы для бионанотехнологий.
11. Применение плазмонных наноструктур.
12. Биосенсоры на поверхностных и локализованных плазмонах.
13. Конфокальная микроскопия. Объекты исследования.
14. Зонды для микроскопии ближнего поля.
15. Методы распознавания отдельной молекулы в оптической микроскопии.

Примерный перечень тем учебной дискуссии

1. Углеродные нанотрубки: методы получения и применение в медицине.
2. Применение фуллеренов для адресной доставки лекарств.
3. Разработка биосовместимых наноматериалов и покрытий, содержащих наночастицы.
4. Отходы нанотехнологий: образование и технологии утилизации.
5. Методы измерения дисперсности наноматериалов.
6. Применение наноматериалов для диагностики заболеваний.
7. Источники выделения наночастиц: применение наночастиц в строительстве.
8. Источники выделения наночастиц: применение квантовых точек для нанодиагностики.
9. Источники выделения наночастиц: применение квантовых точек для терапии.
10. Источники выделения наночастиц: получение ультратвердых фуллеритов.
11. Источники выделения наночастиц: изготовление углеродных наномембран.
12. Источники выделения наночастиц: адресная доставка лекарства.
13. Источники выделения наночастиц: разработка био-нанокомпозитов.
14. Источники выделения наночастиц: извлечение примесей из воды.
15. Влияние структуры углеродных нанотрубок на их токсичность.
16. Влияние состава на экотоксичность наночастиц металлов и оксидов металлов.
17. Влияние формы наночастиц на их токсичность *in vitro*.
18. Влияние размера наночастиц на экотоксичность (бактерии, гидробионты, растения).
19. Влияние стабилизатора на экотоксичность наночастиц.
20. Влияние концентрации наночастиц на токсичность по отношению к гидробионтам.

21. Влияние примесей на экотоксичность углеродных нанотрубок.
22. Влияние способа введения наночастиц в организм на их токсичность.

Примерный перечень тематических презентаций

1. История развития науки "Нанотехнология".
2. Примеры нанообъектов и наносистем. Объекты и методы нанотехнологий.
3. Материалы, разработанные на основе наночастиц.
4. Способы получения наноматериалов.
5. Наноустройства.
6. Области применения нанотехнологий - промышленность, сельское хозяйство, медицина и экология.
7. Основные направления исследований нанотехнологий и нанобиотехнологий.
8. Принципы формирования наносистем.
9. Медицинская диагностика на основе наноустройств.
10. Системы адресной доставки лекарств.
11. Биосовместимые наноматериалы.
12. Гибридные наноматериалы с участием белков и пептидов.
13. Синтетические гибридные материалы на основе белков и пептидов.
14. Возможности использования наноматериалов в медицине и технике.
15. Наноструктуры биологической мембраны. Липидные наноструктуры
16. Микроорганизмы для синтеза наноматериалов
17. Новые возможности биокатализа в нанобиотехнологии.

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

При организации образовательного процесса по дисциплине «Спектроскопия и диагностика нано- и микрообъектов» используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержания образования через решение 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.

При организации образовательного процесса используется **метод учебной дискуссии**, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Наноструктуры. Классификация наноструктур.
2. Квантоворазмерный эффект.
3. Методы диагностики и спектроскопии используемые для анализа объектов различной размерности.
4. Типы нанобиоматериалов. Методы их исследования.
5. Гибридные нано- и микроструктуры. Методы исследования гибридных комплексов и материалов на их основе.
6. Типы углеродных наноструктур их строение и физико-химические свойства. Методы диагностики и исследования углеродных наноструктур и наноматериалов.
7. Плазмонные наноструктуры. Детектирование отдельных плазмонных наночастиц
8. Фотонные кристаллы. Методы формирования и исследования.
9. Оптическая манипуляция наночастицами.
10. Просвечивающая электронная микроскопия.
11. Растровая электронная микроскопия.
12. Сканирующая зондовая микроскопия наноструктур.
13. Сканирующая апертурная и безапертурная микроскопия. Зонды для микроскопии ближнего поля.
14. Конфокальная микроскопия. Поляризационная микроскопия.
15. Методы распознавания отдельной молекулы в оптической микроскопии.
16. Оптическая микроскопия высокого разрешения. Сравнительная характеристика методов.
17. Рентгеновская спектроскопия наноструктур.
18. Основные принципы мёсбауэровской спектроскопии наноструктур.
19. Дифракционные методы исследования наноструктур.
20. Малоугловая рентгеновская дифрактометрия.
21. Применение ЭПР для исследования структуры и динамики наноразмерных систем.
22. Применение методов ЯМР в исследованиях наночастиц.
23. Методы оптической спектроскопии наноструктур.
24. ИК- и КР-спектроскопия.
25. Спектроскопия электронного поглощения и флуоресценции наноструктур.

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)
Лабораторный спецпрактикум «Фотоника микро- и нанобъектов»	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Нет	Оставить без изменений Протокол № 7 от 15 ноября 2019 г.
Жидкие кристаллы и полимеры в фотонике	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Нет	Оставить без изменений Протокол № 7 от 15 ноября 2019 г.

**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 _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
