

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебно-методической работе,  
профессор  
Е.Г. Елина  
2016г.



**Рабочая программа дисциплины**

**Синтез и оптические свойства наночастиц с плазмонным резонансом**

Направление подготовки магистратуры  
22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Профили подготовки магистратуры  
«Функциональные и интеллектуальные материалы и структуры для  
электроники и биомедицины»

Квалификация (степень) выпускника  
Магистр

Форма обучения  
очная

Саратов, 2016

### **1. Цели освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Синтез и оптические свойства наночастиц с плазмонным резонансом» является закрепление и расширение у студентов комплекса общепрофессиональных и профессиональных знаний и умений в области синтеза наночастиц с плазмонным резонансом, их теоретического и экспериментального исследования, а также при их взаимодействии с внешними полями и излучением.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление теоретических и практических знаний в области синтеза, моделирования, теоретического и экспериментального исследования свойств наночастиц с плазмонным резонансом;
- формирование умений самостоятельно развивать базовые знания теоретических и прикладных наук при моделировании, теоретическом и экспериментальном исследовании свойств наночастиц с плазмонным резонансом;
- формирование владений навыками использования на практике современных представлений о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с внешними полями и излучением.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Синтез и оптические свойства наночастиц с плазмонным резонансом» является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается студентами очной формы обучения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению подготовки магистрантов 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» (профиль подготовки «Функциональные и интеллектуальные материалы и структуры для электроники и биомедицины»), в течение 1 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по дисциплинам общефизического и химико-биологического направлений в программах бакалавриата, а также по дисциплинам, изучаемым одновременно в течение 1-го семестра, таким как: «Научный семинар: интеллектуальные и функциональные материалы» или «Научный семинар: методы получения наноразмерных покрытий», и подготавливает студентов к освоению таких дисциплин как «Влияние микро-и наномасштаба на свойства материалов» или «Влияние излучений различной природы на свойства материалов».

### **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.**

В результате освоения дисциплины «Синтез и оптические свойства наночастиц с плазмонным резонансом» формируются следующие компетенции: ОПК-3, ПК-4.

оптических констант на наноразмер частиц. Приближенные формулы Крайбига.

18. Зависимость максимальных факторов эффективности золотого или серебряного шарика от размера. Зависимость длины волны резонанса от размера частиц. Физические причины, лежащие в основе подобной зависимости.

19. Металлические наностержни. Характерные размеры, характерные спектры экстинкции. Продольный и поперечный резонанс. Зависимость длины волны резонанса от осевого отношения. Настройка плазмонного резонанса с помощью осевого отношения. Сравнительные характеристики золотых наноболочек на ядрах из двуокиси кремния и золотосеребряных наноклеток.

20. Деполяризация света, рассеянного наностержнями. Физическая модель и экспериментальные результаты. Поляризуемость эллипсоида.

21. Современные методы характеристики наночастиц: электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, метод динамического рассеяния света.

#### 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
1	10	0	30	30	0	0	30	100

#### Программа оценивания учебной деятельности студента

##### 1 семестр

##### Лекции

Посещаемость, активность на лекции, результативность устных опросов – от 0 до 10 баллов

##### Лабораторные занятия

Не предусмотрено

##### Практические занятия

Посещаемость, участие в дискуссиях и обсуждении результатов – от 0 до 30 баллов.

##### Самостоятельная работа

ОПК-3. Способность самостоятельно развивать базовые знания теоретических и прикладных наук при моделировании, теоретическом и экспериментальном исследовании материалов и процессов в профессиональной деятельности.

ПК-4. Способность использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

•**Знать:** базовые процедуры анализа и синтеза наночастиц с плазмонным резонансом; современные представления, о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействие с внешними полями и излучением.

•**Уметь:** самостоятельно развивать базовые знания теоретических и прикладных наук при моделировании, теоретическом и экспериментальном исследовании свойств наночастиц с плазмонным резонансом; использовать на практике современные представления, о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с внешними полями и излучением.

•**Владеть:** навыками синтеза наночастиц с плазмонным резонансом.

#### 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы|44 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се мес тр	Неде ля семес тра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости ( <i>по неделям семестра</i> )  Формы промежуточной аттестации ( <i>по семестрам</i> )
				лекции	лаб.	сем.	СРС	
1	Раздел 1. Наночастицы и методы их получения	1	1-3	6	0	4	22	Устный опрос
2	Раздел 2. Рассеяние и поглощение света наночастицами		4-7	8	0	4	22	Устный опрос

3	Раздел 3. Методы характеристики и принципы применения наночастиц в современной нанобиотехнологии		8-13	12	0	6	24	Устный опрос, контрольная работа
	<b>Итого</b>			<b>26</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>68</b>	<b>Экзамен (36)</b>

### Структура дисциплины

#### *Раздел 1. Наночастицы и методы их получения*

1. Характерные размеры наночастиц, проявляющих плазмонные свойства. Характерная область на шкале размеров: от атомов к объемным образцам.
2. Общий обзор основных типов наночастиц: золотые наносферы, наностержни, нанозвезды, наноболочки на двуокиси кремния, наноматрешки, золотосеребряные наноклетки, золотосеребряные наностержни, наночастицы, покрытые двуокисью кремния.
3. Основные принципы методов синтеза top-down and down-top.
4. Характерное число атомов (оценки по порядку величины) для металлических частиц
5. Нанолитография – метод получения наноструктур с контролируемыми размерными параметрами с помощью латексных субмикронных частиц.
6. Базовые принципы получения наночастиц с заданными размерами, формой и структурой методами химического синтеза.

#### *Раздел 2. Рассеяние и поглощение света наночастицами*

1. Основные понятия теории рассеяния света: амплитудная матрица рассеяния, параметры Стокса, матрица Мюллера.
2. Основные интегральные характеристики: сечения и коэффициенты (факторы эффективности) рассеяния, поглощения и ослабления.
3. Дипольный момент шара. Поляризуемость маленького шара. Отличие оптических диэлектрических констант от электростатических.
4. Электромагнитное рассеяние диполя. Полное решение, ближнее поле, дальнее поле.
5. Зависимость диаграммы рассеяния от направления и поляризации падающей волны по отношению к диполю (вертикальный диполь, горизонтальный диполь, неполяризованный свет).
6. Интегральные сечение рассеяния и поглощения маленького шара в дипольном приближении.
7. Ослабление света ансамблем частиц. Закон Бугера. Пропускание и поглощение (экстинкция), связь между ними.

#### *Раздел 3. Методы характеристики и принципы применения наночастиц в современной нанобиотехнологии*

1. Однолучевой спектрофотометр. Двухлучевой спектрофотометр. Недостатки и преимущества каждой схемы. Связь измеряемых величин пропускания и поглощения с параметрами частиц в коллоиде
2. Зависимость оптических констант от частоты (дисперсия) в терминах простейшей теории Лоренца. Теория Друде для металлов. Примеры параметров теории Друде для золота в воде и серебра на воздухе и в воде.
3. Оценка длины волны резонанса на основе простейших формул (комбинация

дипольного приближения и формулы Друде). Золото в воде и серебро в воде. Сравнение расчетных и измеренных значений длин волн резонанса для частиц золота и серебра в воде.

4. Реальные зависимости оптических констант (реальной и мнимой части показателя преломления от длины волны света, табличные данные). Учет конечной длины пробега электрона в наночастицы. Поправки оптических констант на наноразмер частиц. Приближенные формулы Крайбига.

5. Зависимость максимальных факторов эффективности золотого или серебряного шарика от размера. Зависимость длины волны резонанса от размера частиц. Физические причины, лежащие в основе подобной зависимости.

6. Металлические наностержни. Характерные размеры, характерные спектры экстинкции. Продольный и поперечный резонанс. Зависимость длины волны резонанса от осевого отношения. Настройка плазмонного резонанса с помощью осевого отношения. Сравнительные характеристики золотых наноболочек на ядрах из двуокиси кремния и золотосеребряных наноклеток.

7. Деполяризация света, рассеянного наностержнями. Физическая модель и экспериментальные результаты. Поляризуемость эллипсоида.

8. Современные методы характеристики наночастиц: электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, метод динамического рассеяния света.

### **Примерная тематика практических занятий (семинаров)**

1. Металлические атомы, нанокластеры и наночастицы на размерной шкале от 0.1 нм до 100 нм. Принципиальное различие нанотехнологий от минитюризации.

2. Основные направления применения наночастиц в следующих областях: биосенсинг, биоимиджинг, фототермальная и фотодинамическая терапия.

3. Основные методы получения сферических частиц заданного размера в диапазоне 1-3 нм, 5-8 нм, 10-50 нм, 50-100 нм.

4. Методы получения и тонкого контроля за размерами золотых наностержней в параметрах толщина 8-15 нм, длина 30-60 нм, а также методы перероста частиц до нужных размеров.

5. Описание рассеяния света с помощью амплитудной матрицы.

6. Интегральные сечение и коэффициенты экстинкции, рассеяния и поглощения. Связь с амплитудной матрицей: теорема экстинкции.

7. Электродинамика и электростатика диполя. Поле диполя в простейшем электростатическом случае. Полное решение для поля излучения в общем случае.

8. Дальнее и ближнее поле диполя. Связь с электростатикой и теорией рассеяния малыми частицами.

9. Вертикальный и горизонтальный диполи. Диаграммы рассеяния. Индикатриса для неполяризованного шарика.

10. Вывод формулы для электростатической поляризуемости шарика в среде. Теория Друде для металлов. Расчет резонансного сечения поглощения. Сравнение с известными данным для мод Фрелиха в воде (~520 нм для золота ~400 нм для серебра).

11. Спектры оптических констант золота и серебра. Применение этих данных для реальных малых частиц. Размерная коррекция оптических констант: практические рецепты.

12. Зависимость максимальных факторов эффективности золотого или серебряного шарика от размера. Зависимость длины волны резонанса

13. Металлические наностержни. Характерные размеры, характерные спектры экстинкции. Настройка плазмонного резонанса с помощью осевого отношения.

14. Сравнительные характеристики золотых наноболочек на ядрах из двуокиси кремния и золотосеребряных наноклеток

**Примечание:**

Темы для семинарских занятий выбираются и конкретизируются преподавателем, ведущим семинары, по согласованию с преподавателем, читающим лекции.

**5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

При реализации различных видов учебной работы (лекции, практические занятия, самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проблемное обучение
- самостоятельная работа с рекомендуемой литературой.

При проведении лекционных занятий используется ПК и мультимедийный проектор либо интерактивная доска. Часть лекций происходит в форме лекции-беседы, позволяющей привлечь внимание студентов к наиболее важным вопросам темы и определяющей темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.

Методы обучения, применяемые при изучении дисциплины, способствуют закреплению и совершенствованию знаний, овладению умениями и получению навыков в области синтеза наночастиц с плазмонным резонансом.

**Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:**

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- неинтерактивные материалы представлены в форме только текста, что позволяет использовать интерактивные устройства на основе азбуки Брайля или преобразования текста в речь;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения;
- использование дистанционных образовательных технологий.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Самостоятельная работа студентов в объеме 68 часов по дисциплине «Синтез и оптические свойства наночастиц с плазмонным резонансом» проводится в течение всего периода изучения дисциплины и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям и практическим

занятиям, к контрольной работе. Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь в выполнении заданий) и индивидуальную работу студента в компьютерном классе или библиотеке.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к практическим занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу.

### **Примерные темы (задания) для контрольной работы**

1. Нарисовать спектры экстинкции золотых шариков с размерами от 10 до 100 нм (через 20 нм). Объемную долю золота считать равной 60 мкг/мл. Дать объяснение полученным результатам.
2. Нарисовать спектры экстинкции наностержней с толщиной 10 нм и длиной от 20 до 60 нм. Объемную долю считать постоянной и равной 100 мкг/мл. Дать объяснение полученным результатам
3. Сравнить спектры экстинкции золотых наноболочек на двуокиси кремния и золотых наноклеток. Качественно объяснить полученные результаты

### **Вопросы и задания для самоконтроля при выполнении самостоятельной работы**

1. Основные современные методы получения наночастиц
2. Химические методы синтеза наночастиц: преимущества и недостатки.
3. Сравнить в терминах цена/качество результаты оценки размеров частиц методами электронной микроскопии и динамического рассеяния
4. Сравнить возможности спектральной настройки золотых шариков и золотых наностержней.
5. Что лучше использовать для фототермальной терапии клеток: золотые наностержни или наношарики и почему?
6. Как наночастицы могут помочь в реализации фотодинамической терапии раковых клеток/?
7. Как наиболее просто определить концентрации шариков в воде, имея оптический спектрофотометр и электронный микроскоп?



**Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (в форме экзамена)**

1. Характерные размеры наночастиц, проявляющих плазмонные свойства. Характерная область на шкале размеров: от атомов к объемным образцам.

2. Общий обзор основных типов наночастиц: золотые наносферы, наностержни, нанозвезды, нанооболочки на двуокиси кремния, наноматрешки, золотосеребряные наноклетки, золотосеребряные наностержни, наночастицы, покрытые двуокисью кремния.

3. Основные принципы методов синтеза top-down and down-top.

4. Характерное число атомов (оценки по порядку величины) для металлических частиц

5. Нанолитография – метод получения наноструктур с контролируемыми размерными параметрами с помощью латексных субмикронных частиц.

6. Базовые принципы получения наночастиц с заданными размерами, формой и структурой методами химического синтеза.

7. Основные понятия теории рассеяния света: амплитудная матрица рассеяния, параметры Стокса, матрица Мюллера.

8. Основные интегральные характеристики: сечения и коэффициенты (факторы эффективности) рассеяния, поглощения и ослабления.

9. Дипольный момент шара. Поляризуемость маленького шара. Отличие оптических диэлектрических констант от электростатических.

10. Электромагнитное рассеяние диполя. Полное решение, ближнее поле, дальнее поле.

11. Зависимость диаграммы рассеяния от направления и поляризации падающей волны по отношению к диполю (вертикальный диполь, горизонтальный диполь, неполяризованный свет).

12. Интегральные сечение рассеяния и поглощения маленького шара в дипольном приближении.

13. Ослабление света ансамблем частиц. Закон Бугера. Пропускание и поглощение (экстинкция), связь между ними.

14. Однолучевой спектрофотометр. Двухлучевой спектрофотометр. Недостатки и преимущества каждой схемы. Связь измеряемых величин пропускания и поглощения с параметрами частиц в коллоиде

15. Зависимость оптических констант от частоты (дисперсия) в терминах простейшей теории Лоренца. Теория Друде для металлов. Примеры параметров теории Друде для золота в воде и серебра на воздухе и в воде.

16. Оценка длины волны резонанса на основе простейших формул (комбинация дипольного приближения и формулы Друде). Золото в воде и серебро в воде. Сравнение расчетных и измеренных значений длин волн резонанса для частиц золота и серебра в воде.

17. Реальные зависимости оптических констант (реальной и мнимой части показателя преломления от длины волны света, табличные данные). Учет конечной длины пробега электрона в наночастицы. Поправки

Самостоятельное изучение тем по заданию преподавателя - от 0 до 30 баллов.

**Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено.

**Другие виды учебной деятельности**

Не предусмотрено.

**Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по данной дисциплине проводится в форме экзамена.

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» оценивается от 27 до 30 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 20 до 26 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 11 до 19 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 10 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 1 семестр по дисциплине «Синтез и оптические свойства наночастиц с плазмонным резонансом» составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку (экзамен) осуществляется в соответствии с таблицей 2, при этом, если при проведении промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (на экзамене) был дан ответ на «неудовлетворительно», то экзамен считается не сданным.

Таблица 2. Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Синтез и оптические свойства наночастиц с плазмонным резонансом» в оценку (экзамен):

81-100 баллов	«отлично»
65-80 баллов	«хорошо»
50-64 баллов	«удовлетворительно»
0-49 баллов	«неудовлетворительно»

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

а) основная литература:

1. Рамбиди Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий монография/ Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 456 с.

б) дополнительная литература:

1. Климов В.В. Наноплазмоника/ Климов В.В.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.— 480 с.
2. Витязь П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Витязь П.А., Свидуневич Н.А.— Электрон.текстовые данные.— Минск: Высшая школа, 2010.— 302 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20108>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

*Сидя*

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP/Vista/7 Professional
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010.
4. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/window/>
5. Зональная научная библиотека им. В.А. Артисевич Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Занятия по дисциплине «Синтез и оптические свойства наночастиц с плазмонным резонансом» проводятся в аудиториях, оснащенных мультимедийными установками, компьютерной техникой и соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и с учетом профиля подготовки «Функциональные и интеллектуальные материалы и структуры для электроники и биомедицины».

Автор  
профессор кафедры материаловедения,  
технологии и управления качеством,  
д.ф.-м.н.

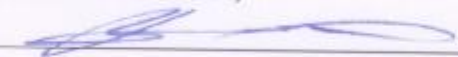


Н.Г. Хлебцов

Программа одобрена на заседании кафедры материаловедения, технологии и управления качеством от 12.09.2016 года, протокол № 2.

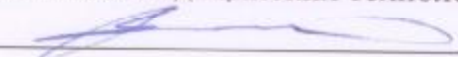
Подписи:

Зав. кафедрой материаловедения,  
технологии и управления качеством,  
профессор, д.ф.-м.н.



С.Б. Вениг

Декан факультета нано- и биомедицинских технологий,  
профессор, д.ф.-м.н.



С.Б. Вениг