

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

 Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии
(Овчинников О.В.)

05.06.2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.01 Проблемы современной нанофотоники

1. Код и наименование направления подготовки: 03.04.02 Физика
2. Профиль подготовки: Оптика и нанофотоника
3. Квалификация выпускника: магистр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Кондратенко Тамара Сергеевна, кандидат физико-математических наук, доцент
7. Рекомендована: НМС физического факультета ВГУ, протокол №6 от 04.06.2025
8. Учебный год: 2025/2026 Семестр(-ы): 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является:

сформировать знания об особенностях развития и направлениях, а также актуальных проблемах современной оптики и нанофотоники, а также современных проблем в области фотонных технологий, физических основ построения разнообразных устройств на основе новых материалов, в том числе наноструктур, метаматериалов, фотонных кристаллов, плазмонных наночастиц, основных перспективах развития технологий приема, обработки, хранения и передачи информации с помощью лазерного излучения.

Задачи учебной дисциплины:

- сформулировать на математическом языке принципы построения математических моделей, отражающих формирование основных направлений развития оптики и нанофотоники, в том числе на базе оптических свойств квантовых точек, квантовых ям, эпитаксиальных наногетероструктур, фотонных кристаллов;
- представить и проанализировать основные научные и технологические тренды развития технологий оптики и нанофотоники;
- сформировать понимание принципов разработки технологий и создания новых устройств передачи, приема, обработки, хранения и отображения информации использовать;
- овладеть навыками использования фотонных технологий в оптоинформатике.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина ФТД.01 Проблемы современной нанофотоники относится к числу факультативных дисциплин.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК – 4	Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности	ОПК – 4.1.	Владеет разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применяет результаты научных исследований в инновационной деятельности для решения профессиональных задач	Знать: принципы построения математических моделей, отражающих формирование основных направлений развития оптики и нанофотоники, в том числе на базе оптических свойств квантовых точек, квантовых ям, эпитаксиальных наногетероструктур, фотонных кристаллов; Уметь: анализировать основные научные и технологические тренды развития технологий оптики и нанофотоники; Владеть: навыками использования фотонных технологий в оптике.

ПК – 1	Способен к формулировке и анализу поставленной задачи исследований в области оптики и нанофотоники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы	ПК – 1.1.	Проводит поиск научно-технической информации для разработки и анализа методик контроля технологических процессов создания наноструктурированных материалов для приборов квантовой электроники и фотоники	Знать: основные методы анализа научно-технической литературы, включая поиск публикаций, отражающих тренды и проблемы оптики и нанофотоники на основании сведений из реферативных и научно-технических журналов, монографий, сборников статей, с использованием глобальных систем поиска информации; Уметь: обоснованно планировать направления своей деятельности в области оптики и нанофотоники на основе анализа научно-технической литературы; Владеть: навыками анализа научно-технической литературы, проведения поисковых исследований и подготовки отчетов, презентаций, научных публикаций по результатам проведенного анализа и выполненным исследованиям.
		ПК – 1.2.	Работает с научно-технической информацией, представляет информацию в систематизированном виде, обосновывает предлагаемые решения при выборе теоретических и экспериментальных методов	
		ПК – 1.3	Производит анализ исходных требований к параметрам разрабатываемых оптических и оптико-электронных приборов	
ПК - 5	Способен к участию в комплексных проектах в области оптики и нанофотоники на всех стадиях и этапах выполнения работ, самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена научного коллектива	ПК – 5.1	Анализирует научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки в соответствующей области знаний	Знать: цели и задачи современных научных исследований в области оптики и нанофотоники Уметь: ориентироваться в многообразии современных методов научных исследований и использовать их в своей профессиональной деятельности. Владеть: навыками оформления отчетов и статей на базе современных требований; разработки технических заданий и технологии производства приборов оптики и нанофотоники.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2 ЗЕТ / 72 ч.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			№ 1	
			ч.	ч., в форме ПП
Аудиторные занятия		30	30	
в том числе:	лекции	30	30	

	практические			
	лабораторные			
Самостоятельная работа		42	42	
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации <i>Зачет с оценкой</i>				
Итого:		72	72	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Введение	Структура курса. Обзор основных направлений развития технологий в области фотоники и оптоинформатики. Хронология развития лазерной техники.	
1.2	Лазер, как ключевой элемент технологий фотоники и оптоинформатики	Характеристики лазера, как ключевого элемента технологий фотоники и оптоинформатики. Фотон как носитель информации. Источники фотонов Лазерный эффект. Инверсная населенность. Открытый резонатор. Поперечные и продольные моды. Потери на зеркалах. Добротность. Условие возбуждения. Непрерывный и импульсный режимы генерации лазеров. Модуляция добротности и синхронизация мод. Самовоздействие. Генерация второй и высших гармоник. Типы лазеров - газовые, на красителях, твердотельные, полупроводниковые. Прогресс в области создания волоконных лазеров. Идея нанолазера.	
1.3	Обзор новых материалов фотоники и оптоинформатики	Квантовые ямы и квантовые точки. Гетероструктуры. Фотонные кристаллы: типы, строение, методы изготовления и применение. Метаматериалы: среды с отрицательным преломлением, структурные элементы метаматериала. Среда с отрицательным показателем преломления. Левая ориентация векторов E , H , k в бегущей волне. Применения метаматериалов. Суперлинза.	
1.4	Современные проблемы передачи, приема, обработки, хранения и отображения	Передача, прием и обработка оптических сигналов. Виды оптических сигналов и их характеристики. Источники и приемники когерентного излучения. Лазерно-информационные технологии. Элементы интегральной оптики. Волноводы. Мультиплексоры и ответвители. Методы интеграции оптических компонентов. Квантовая криптография. Оптический компьютер.	
1.5	Прогресс в области фотоприемных устройств	Идеология прогресса в области фотоэлектрических приемников излучения (на внешнем и внутреннем фотоэффекте. Принцип действия, параметры и характеристики	

		приборов с зарядовой связью (ПЗС) и КМОП приемников. Особенности детектирования ИК излучения: передовые технологии и материалы. Технологии матричных приемников излучения.	
1.6	Фотонные технологии за дифракционным пределом - нанофотоника	Взаимодействие света с нанометровыми объектами. Проблема преодоления дифракционного предела в оптике. Плазмонные системы передачи и фокусировки света. Плазмонные наночастицы, как нанорезонаторы. Спазер.	
1.7	Фотокатализ на базе наноматериалов и решение проблем экологии	Фотокатализ на базе наноматериалов и решение проблем экологии. Проблема фотосенсибилизации катализаторов на основе широкозонных кристаллов полупроводников. Лазерный фотоэлектрокатализ. Системы генерации активных форм кислорода, системы очистки воды и воздуха на основе каталитически активных наносистем.	
1.8	Фотодинамическая терапия – важное направление передовых медико – биологических технологий	Новые наноматериалы как основа для фотосенсибилизации синглетного кислорода и фотодинамическая терапия. Направления применений в медико – биологических технологиях.	
1.9	Люминесцентная сенсорика на основе наноструктур	Принципы создания люминесцентных сенсоров. Основные направления развития люминесцентной сенсорики.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.1	Введение	2				2
1.2	Лазер, как ключевой элемент технологий оптики и нанофотоники	6			6	12
1.3	Обзор новых материалов оптики и нанофотоники	4			6	10
1.4	Современные проблемы передачи, приема, обработки, хранения и отображения	4			6	10
1.5	Прогресс в области фотоприемных устройств	4			6	10
1.6	Фотонные технологии за дифракционным пределом - нанофотоника	4			3	7
1.7	Фотокатализ на базе наноматериалов и решение проблем экологии	2			3	5
1.8	Фотодинамическая терапия – важное	2			6	8

	направление передовых медико – биологических технологий					
1.9	Люминесцентная сенсорики на основе наноструктур	2			6	8
	Итого:	30			42	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.

В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Панов, М. Ф. Физические основы фотоники : учебное пособие / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербурга : Лань, 2021. — 564 с. — ISBN 978-5-8114-2319-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169030 (дата обращения: 06.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2.	Рогов, С. А. Основы оптоинформатики. Оптические методы и устройства обработки информации : учебное пособие / С. А. Рогов. — Санкт-Петербурга : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2017. — 62 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/180196 (дата обращения: 06.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3.	Кручинин, В. В. Компьютерные технологии в научных исследованиях и индустрии фотоники и оптоинформатики : учебное пособие / В. В. Кручинин. — Москва : ТУСУР, 2012. — 31 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/11373 (дата обращения: 06.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4.	Климов, В. В. Наноплазмоника / В. В. Климов. — Москва : Физматлит, 2010. — 479 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69490 (дата обращения: 06.11.2021). — ISBN 978-5-9221-1205-5. — Текст : электронный.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Навоотный Л. Основы нанооптики / Л. Навотный. - М. : Физматлит, 2009. - 482 с.
2.	Ландау Л.Д. Квантовая механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М. : Физматлит, 2001. — 803 с.
3.	Физика низкоразмерных систем / А.Я. Шик, Л.Г. Бакуева, С.Ф. Мусихин, С.А. Рыков. - СПб. : Наука, 2001. - с.
4.	Пул Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуенс. - М. : Техносфера, 2004. - 328 с.
5.	Неверов В.Н. Физика низкоразмерных систем: Учебное пособие. / В.Н. Неверов, А.Н. Титов. - Екатеринбург : Уральский гос. ун-т, 2008. - 232 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	«Университетская библиотека online» https://biblioclub.ru/
2.	ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/
3.	ЭБС "Рукоинт" https://rucont.ru/

4.	ЭБС "Юрайт" https://biblio-online.ru/
5.	ЭБС IPRbooks http://www.iprbookshop.ru/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	Начала оптики наночастиц [Электронный ресурс] : учебное пособие / [О.В. Овчинников и др.] ; Воронеж. гос. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2018. — Загл. с титула экрана. — Свободный доступ из интрасети ВГУ. — Текстовый файл. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-242.pdf >.
2.	Основы оптики и спектроскопии квантовых точек : учебно-методическое пособие для вузов : [для проведения специального физ. практикума студ. 1 к. магистратуры, обуч. по программам "Физика опт. явлений" и "Оптика наноструктурированных материалов" на каф. оптики и спектроскопии физ. фак. Воронеж. гос. ун-та для направления 010700 - Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост. : О.В. Овчинников и др.] . — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013. — 80 с. : ил. — Библиогр.: с.78-80. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-155.pdf >.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, Проектор BenQ MS 612ST, Доска магнитно-маркерная 100*200. Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ОПК – 4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности. ПК – 1. Способен к формулировке и анализу поставленной задачи исследований в области оптики и нанофотоники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы ПК – 5. Способен к участию в комплексных проектах в области оптики и нанофотоники на всех стадиях и этапах выполнения работ, самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена научного коллектива	Знать: принципы построения математических моделей, отражающих формирование основных направлений развития оптики и нанофотоники, в том числе на базе оптических свойств квантовых точек, квантовых ям, эпитаксиальных наногетероструктур, фотонных кристаллов; Уметь: анализировать основные научные и технологические тренды развития технологий оптики и нанофотоники; Владеть: навыками использования фотонных технологий в оптике. Знать: основные методы анализа научно-технической литературы, включая поиск публикаций, отражающих тренды и проблемы оптики и нанофотоники на основании сведений из реферативных и научно-технических журналов, монографий, сборников статей, с использованием глобальных систем поиска информации; Уметь: обоснованно планировать направления своей деятельности в области оптики и нанофотоники на основе анализа научно-технической литературы; Владеть: навыками анализа научно-технической литературы, проведения поисковых	Введение. Лазер, как ключевой элемент технологий оптики и нанофотоники. Обзор новых материалов оптики и нанофотоники. Современные проблемы передачи, приема, обработки, хранения и отображения. Прогресс в области фотоприемных устройств. Фотонные технологии за дифракционным пределом – нанофотоника. Фотокатализ на базе наноматериалов и решение проблем экологии. Фотодинамическая терапия – важное направление передовых медико – биологических технологий. Люминесцентная сенсорика на основе наноструктур.	Устный опрос.

	исследований и подготовки отчетов, презентаций, научных публикаций по результатам проведенного анализа и выполненных исследований. Знать: цели и задачи современных научных исследований в области оптики и нанофотоники Уметь: ориентироваться в многообразии современных методов научных исследований и использовать их в своей профессиональной деятельности. Владеть: навыками оформления отчетов и статей на базе современных требований; разработки технических заданий и технологии производства приборов оптики и нанофотоники..		
Промежуточная аттестация (зачет)			КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания и критерии их оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос). Критерии оценивания приведены ниже. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2.

Для оценивания результатов обучения на зачете учитываются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами;
- 2) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными современных научных исследований;
- 3) умение применять основные законы и анализировать результаты наблюдений и экспериментов

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью проверки посещаемости лекционных занятий и проверки преподавателем конспектов по пройденному материалу.

20.2 Промежуточная аттестация

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лабораторных занятий. Правильно и вовремя выполненные лабораторные задания. Правильные ответы на контрольные вопросы во время зачета.</i>	<i>Повышенный базовый и пороговый уровни</i>	<i>зачтено</i>
<i>Систематические пропуски занятий без уважительных причин. Невыполненные лабораторные задания. Неверно сформулированные ответы на контрольные вопросы во время зачета.</i>	–	<i>незачтено</i>

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующего перечня вопросов:

1. Основные этапы развития лазерной техники.
2. Фотон как носитель информации. Сравнительный анализ характеристик “электронных” и “фотонных” информационных систем.
3. Основные виды источников фотонов.
4. Лазерный эффект. Инверсная населенность. Открытый и закрытый резонатор.
5. Характеристики лазера, как ключевого элемента технологий оптики и нанофотоники.
6. Поперечные и продольные моды.
7. Потери на зеркалах.
8. Добротность.
9. Условие возбуждения. Непрерывный и импульсный режимы генерации лазеров.
10. Модуляция добротности и синхронизация мод.
11. Самовоздействие.
12. Генерация второй и высших гармоник.
13. Типы лазеров - газовые, на красителях, твердотельные, полупроводниковые.
14. Прогресс в области создания волоконных лазеров.
15. Принцип нанолазера.
16. Квантовые ямы – принцип действия и приложения.
17. Квантовые нити – принцип действия и приложения.
18. Квантовые точки– принцип действия и приложения.
19. Наногетероструктуры и их применение.
20. Фотонные кристаллы: типы, строение, методы изготовления и применение.
21. Метаматериалы: среды с отрицательным преломлением, структурные элементы метаматериала. Среда с отрицательным показателем преломления. Левая ориентация векторов E , H , k в бегущей волне.
22. Применения метаматериалов. Суперлинза.
23. Прогресс современных технологий в области передачи, приема и обработки оптических сигналов.
24. Виды оптических сигналов и их характеристики.
25. Источники и приемники когерентного излучения для лазерно-информационных технологий.
26. Элементы интегральной оптики. Волноводы. Мультиплексоры и ответвители.
27. Методы интеграции оптических компонентов. Квантовая криптография. Оптический компьютер.
28. Идеология прогресса в области фотоэлектрических приемников излучения (на внешнем и внутреннем фотоэффекте).
29. Принцип действия, параметры и характеристики приборов с зарядовой связью (ПЗС) и КМОП приемников.
30. Особенности детектирования ИК излучения: передовые технологии и материалы.
31. Технологии матричных приемников излучения.
32. Проблема преодоления дифракционного предела в оптике.

33. Плазмонные системы передачи и фокусировки света.
34. Плазмонные наночастицы, как нанорезонаторы. Спазер.
35. Фотокатализ на базе наноматериалов и решение проблем экологии.
36. Проблема фотосенсибилизации катализаторов на основе широкозонных кристаллов полупроводников.
37. Лазерный фотоэлектрокатализ.
38. Системы генерации активных форм кислорода, системы очистки воды и воздуха на основе каталитически активных наносистем.
39. Новые наноматериалы как основа для фотосенсибилизации синглетного кислорода и фотодинамическая терапия.
40. Направления применений в медико – биологических технологиях.
41. Принципы создания люминесцентных сенсоров. Основные направления развития люминесцентной сенсорики.