

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Основы нанوفотоники БЗ.ДВ.6

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Харинцев С.С.

Рецензент(ы):

Гайнутдинов Р.Х.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Салахов М. Х.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 669714

Казань

2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Харинцев С.С. Кафедра оптики и нанофотоники Отделение физики, Sergey.Kharintsev@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Получение базовых знаний о последних достижениях в области нанофотоники, в частности в области создания, исследования и манипуляции новых типов оптических наноматериалов, таких, как фотонные кристаллы, квантовые точки, метаматериалы и др.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б3.ДВ.6 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина Б3.ДВ6 "Основы нанофотоники" является базовой частью программы для бакалавратуры по направлению 011200 "Физика" (блок Б2).

Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке студентов по высшей математике и общей физике (разделы: "Оптика", "Электричество", "Квантовая механика").

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: Б3.Б.6 "Физика атомного ядра и элементарных частиц", Б3.Б.10 "Квантовая теория", Б3.ДВ3 "Теория излучения".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой)
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью организовать работу коллектива для решения профессиональных задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью проводить свою профессиональную деятельность с учетом социальных, этических и природоохранных аспектов

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью организовать и планировать физические исследования
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

механизм взаимодействия света и вещества в ближнем поле; размерные эффекты, квантовые ограничения; основные экспериментальные схемы ближнеполевых измерений

2. должен уметь:

вычислять распределение электромагнитного поля вблизи наноразмерных металлических структур

3. должен владеть:

навыками системного научного знания проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности; навыками работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой; навыками проведения физического эксперимента.

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

к работе над исследованиями в области нанофотоники

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) 216 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема 1. Введение - от						

фотоники к нанопластике Запрещенный и разрешенный свет.

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Взаимодействие света и вещества на наношкале. Уравнения Максвелла.	7	2	4	4	0	дискуссия
3.	Тема 3. Материальные уравнения. Диэлектрическая проницаемость наноразмерных материалов.	7	3	4	4	0	дискуссия
4.	Тема 4. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников	7	4	4	4	0	дискуссия
5.	Тема 5. Электромагнитные свойства молекул, микро- и нано-объектов	7	5	4	4	0	дискуссия
6.	Тема 6. Фотонные кристаллы. Фотонные материалы с запрещенной зоной	7	6	2	2	0	дискуссия
7.	Тема 7. Оптические волноводы	7	7	2	2	0	дискуссия
8.	Тема 8. Введение в оптику металлов	7	8	4	4	0	дискуссия
9.	Тема 9. Поверхностные плазмоны. Теория Друде-Зоммерфельда.	7	9	2	2	0	дискуссия
10.	Тема 10. Оптическая микроскопия и спектроскопия одиночных молекул. Комбинационное рассеяние света. ТЕРС/СЕРС-эффект.	7	10	4	4	0	дискуссия
11.	Тема 11. Теоретические методы расчета ближних оптических полей. Метод конечных разностей во временной области, метод мультиполей. Метод углового представления	7	11	4	4	0	дискуссия

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
12.	Тема 12. Трансформационная оптика.	7	12	2	2	0	дискуссия
13.	Тема 13. Метаматериалы и метаповерхности. Основы метаоптики	7	13	2	2	0	дискуссия
14.	Тема 14. Поляризация ближнего поля. Радиальная, азимутальная и вихревая поляризация.	7	14	2	2	0	дискуссия
15.	Тема 15. Сканирующая ближнеполевая оптическая микроскопия.	7	15	2	2	0	дискуссия
16.	Тема 16. TERC микроскопия углеродных нанотрубок, фуллеренов и графенов	7	16	4	4	0	дискуссия
17.	Тема 17. Оптические наноантенны	7	17	4	4	0	дискуссия
18.	Тема 18. Нано-размерные оптические устройства	7	18	2	2	0	дискуссия
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	экзамен
	Итого			54	54	0	

4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение - от фотоники к нанофотонике Запрещенный и разрешенный свет.
лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Основы нанофотоники. Пространственное разрешение Аббе. Спектр пространственных частот. Понятия разрешенного и запрещенного света.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решения задач по построению оптических изображений за пределами дифракции.

Тема 2. Взаимодействие света и вещества на нанoshкале. Уравнения Максвелла.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Уравнения Максвелла. Решение уравнения Гельмгольца для поверхностной волны.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение уравнение Максвелла для ТМ и ТЕ мод.

Тема 3. Материальные уравнения. Диэлектрическая проницаемость наноразмерных материалов.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Квантовые ограничения. Размерные эффекты. Комплексная диэлектрическая проницаемость наноматериалов.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Моделирование отражения электромагнитной волны от металлической поверхности при разных углах.

Тема 4. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Классификация материалов. Зонная теория. Проводимость. Плазменная частота. Запрещенная зона. Энергия Ферми.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач и моделирование поверхности Ферми для разных материалов.

Тема 5. Электромагнитные свойства молекул, микро- и нано-объектов

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Поляризация объектов. Дипольное приближение. Разложение по мультиполям. Правила отбора.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач

Тема 6. Фотонные кристаллы. Фотонные материалы с запрещенной зоной

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Основные фотонных кристаллов. Понятие запрещенной зоны. Распространение света в фотонных материалах с запрещенной зоной.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Расчет резонансных условий для прохождения света через фотонный кристалл.

Тема 7. Оптические волноводы

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Основные понятия теории волноводов. Полное внутреннее отражение. Потери и усиление оптических сигналов.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Расчет основных параметров распространения электромагнитной волны в волноводе.

Тема 8. Введение в оптику металлов

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Поведение металла на оптических частотах. Плазменная частота. Дисперсионные соотношения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач

Тема 9. Поверхностные плазмоны. Теория Друде-Зоммерфельда.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Возбуждение, распространение и детектирование плазмонов. Модели Друде-Зоммерфельда, Дебая, Лоренца и Селмайера.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение задач

Тема 10. Оптическая микроскопия и спектроскопия одиночных молекул. Комбинационное рассеяние света. ТЕРС/СЕРС-эффект.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Основы локально усиленной оптической микроскопии и спектроскопии. Эффект усиления оптического поля.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Экспериментальное наблюдение ТЕРС спектров углерод-содержащих материалов

Тема 11. Теоретические методы расчета ближних оптических полей. Метод конечных разностей во временной области, метод мультиполей. Метод углового представления

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Теоретические методы расчета электромагнитного поля. Метод конечных разностей во временной области, метод мультиполей, метод углового распределения, формализм функции Грина.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач

Тема 12. Трансформационная оптика.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Теорема Ферма. Обобщенный закон Снелиуса. Огибание светом препятствий.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение задач

Тема 13. Метаматериалы и метаповерхности. Основы метаоптики

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Отрицательный показатель преломления. Метаматериалы и гиперболические материалы. Метаповерхности. Аномальное преломление и отражение.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение задач

Тема 14. Поляризация ближнего поля. Радиальная, азимутальная и вихревая поляризация.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Поляризация света в ближней и дальней зоне. Создание новых состояний поляризаций света: радиальной, азимутальной и вихревой.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Экспериментальное наблюдение различных поляризаций света.

Тема 15. Сканирующая ближнеполевая оптическая микроскопия.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Сканирующая зондовая микроскопия, прохождение света через субволновые апертуры, безапертурные зонды.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение задач

Тема 16. ТЕРС микроскопия углеродных нанотрубок, фуллеренов и графенов

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Локально-усиленная оптическая спектроскопия и микроскопия. Углеродные одностенные нанотрубки, фуллерены и графены.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Экспериментальное наблюдение ТЕРС спектров.

Тема 17. Оптические наноантенны

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Понятие оптической наноантенны. Синтез наноантенн электрохимическим травлением.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Практическое занятие по созданию наноантенн.

Тема 18. Нано-размерные оптические устройства

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Обзор приложений нанопотоники и плазмоники. Фотовольтика. Нанофокусировка. Плоская линза. Плазмонстор.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Дискуссия

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение - от фотоники к нанопотонике Запрещенный и разрешенный свет.	7	1	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
2.	Тема 2. Взаимодействие света и вещества на наномасштабе. Уравнения Максвелла.	7	2	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
3.	Тема 3. Материальные уравнения. Диэлектрическая проницаемость наноразмерных материалов.	7	3	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
4.	Тема 4. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников	7	4	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
5.	Тема 5. Электромагнитные свойства молекул, микро- и нано-объектов	7	5	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
6.	Тема 6. Фотонные кристаллы. Фотонные материалы с запрещенной зоной	7	6	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
7.	Тема 7. Оптические волноводы	7	7	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
8.	Тема 8. Введение в оптику металлов	7	8	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
9.	Тема 9. Поверхностные плазмоны. Теория Друде-Зоммерфельда.	7	9	подготовка к дискуссии	4	дискуссия

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
10.	Тема 10. Оптическая микроскопия и спектроскопия одиночных молекул. Комбинационное рассеяние света. ТЕРС/СЕРС-эффект.	7	10	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
11.	Тема 11. Теоретические методы расчета ближних оптических полей. Метод конечных разностей во временной области, метод мультиполей. Метод углового представления	7	11	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
12.	Тема 12. Трансформационная оптика.	7	12	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
13.	Тема 13. Метаматериалы и метаповерхности. Основы метаоптики	7	13	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
14.	Тема 14. Поляризация ближнего поля. Радиальная, азимутальная и вихревая поляризация.	7	14	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
15.	Тема 15. Сканирующая ближнеполевая оптическая микроскопия.	7	15	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
16.	Тема 16. ТЕРС микроскопия углеродных нанотрубок, фуллеренов и графенов	7	16	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
17.	Тема 17. Оптические наноантенны	7	17	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
18.	Тема 18. Нано-размерные оптические устройства	7	18	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
	Итого				72	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Основная технология - лекции (112 часов). 68 часов выделено на самостоятельную работу студентов с использованием компьютерных симуляций и интернета. 36 часов выделено на подготовку студентов к экзамену.

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

Тема 1. Введение - от фотоники к нанофотонике Запрещенный и разрешенный свет.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение элементов фотоники и нанофотоники, геометрическая и физическая оптика. Запрещенный и разрешенный свет. Полное внутреннее отражение.

Тема 2. Взаимодействие света и вещества на наномасштабе. Уравнения Максвелла.

дискуссия , примерные вопросы:

Уравнения Максвелла. Транспорт энергии. Уравнение Гельмгольца.

Тема 3. Материальные уравнения. Диэлектрическая проницаемость наноразмерных материалов.

дискуссия , примерные вопросы:

Поляризация и поляризуемость. Материальные уравнения. Размерные эффекты.

Тема 4. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение оптических и спектроскопических свойств металлов, полупроводников и изоляторов.

Тема 5. Электромагнитные свойства молекул, микро- и нано-объектов

дискуссия , примерные вопросы:

Квантовые свойства нано-размерных материалов

Тема 6. Фотонные кристаллы. Фотонные материалы с запрещенной зоной

дискуссия , примерные вопросы:

Классификация фотонных материалов с запрещенной зоной.

Тема 7. Оптические волноводы

дискуссия , примерные вопросы:

Основы оптических волноводов.

Тема 8. Введение в оптику металлов

дискуссия , примерные вопросы:

Модели Друде-Зоммерфельда, Лоренца, Дебая, Селмайера.

Тема 9. Поверхностные плазмоны. Теория Друде-Зоммерфельда.

дискуссия , примерные вопросы:

Возбуждение, распространение и детектирование поверхностных плазмонов.

Тема 10. Оптическая микроскопия и спектроскопия одиночных молекул. Комбинационное рассеяние света. ТЕРС/СЕРС-эффект.

дискуссия , примерные вопросы:

Основы локально-усиленной микроскопии высокого разрешения.

Тема 11. Теоретические методы расчета ближних оптических полей. Метод конечных разностей во временной области, метод мультиполей. Метод углового представления

дискуссия , примерные вопросы:

Теоретические аспекты в нанооптике.

Тема 12. Трансформационная оптика.

дискуссия , примерные вопросы:

Основы трансформационной оптики, теорема Ферма, обобщенные законы преломления и отражения.

Тема 13. Метаматериалы и метаповерхности. Основы метаоптики

дискуссия , примерные вопросы:

Основы оптики и электродинамики метаматериалов.

Тема 14. Поляризация ближнего поля. Радиальная, азимутальная и вихревая поляризация.

дискуссия , примерные вопросы:

Виды поляризации света.

Тема 15. Сканирующая ближнеполевая оптическая микроскопия.

дискуссия , примерные вопросы:

Элементы сканирующей зондовой микроскопии

Тема 16. ТЕРС микроскопия углеродных нанотрубок, фуллеренов и графенов

дискуссия , примерные вопросы:

Локально-усиленное комбинационное рассеяние света.

Тема 17. Оптические наноантенны

дискуссия , примерные вопросы:

Элементы теории оптических наноантенн. Методы изготовления оптических наноантенн.

Тема 18. Нано-размерные оптические устройства

дискуссия , примерные вопросы:

Элементарные нано-размерные оптические устройства.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Билет ♦1

1. Объемные, поверхностные и локализованные плазмоны
2. Угловое спектральное представление поля диполя

Билет ♦2

1. Виды плазмонов и их характеристики.
2. Продольные компоненты электромагнитного поля в фокальной области

Билет ♦3

1. Перенос энергии эвансцентной волной
2. Дисперсионное соотношение для поверхностного плазмона

Билет ♦4

1. Решение уравнений Максвелла для осциллирующего диполя при $kr \ll 1$
2. Ближнее поле и его свойства. Гауссовы пучки. Параксиальное приближение.

Билет ♦5

1. Разрешенный и запрещенный свет
2. Сильная фокусировка оптических полей

Билет ♦6

1. Механизмы генерации ближнего поля
2. Угловой спектр в дальней зоне

Билет ♦7

1. Субволновое пространственное разрешение в ближнеполевой оптической микроскопии
2. Оптические свойства благородных металлов. Модель Зоммерфельда-Друде. Межзонные переходы

Билет ♦8

1. Усиление и тушение флуоресценции в наноразмерном окружении

2. Оптические антенны и их свойства

Билет ♦9

1. Функция Грина электрического поля
2. Лазерные моды высоких порядков

Билет ♦10

1. Коэффициенты пропускания и отражения Френеля для р и s поляризации.
2. Безапертурные металлические зонды

Билет ♦11

1. Усиленное зондом комбинационное рассеяние. ТЕРС/СЕРС.
2. Рассеяние электромагнитной волны субволновой металлической сферой

Билет ♦12

1. Диаграмма направленности ближнего поля
2. Метод конечных разностей во временной области

ЗАДАЧИ

Задача ♦1

Выведите диадную функцию Грина и проанализировать характер решения от расстояния между источником и точкой наблюдения.

Задача ♦2

Покажите, что z-комплента усредненного по времени вектора Пойтинга равна нулю для эвансцентного поля, распространяющегося вдоль границы раздела двух сред.

Задача ♦3

Вывести обобщенные уравнения Снелиуса для метаповерхности с сингулярными разрывами фазы.

Задача ♦4

Получить выражение для продольной компоненты электрического поля в фокальной плоскости в предположении, что поле не расходится.

Задача ♦5

Получить выражения для поперечных электрической и магнитной составляющих для плоской волны, распространяющейся вдоль планарного интерфейса.

Задача ♦6

Построить диаграмму распределения компонент электрического и магнитного полей в фокальной плоскости. Рассмотреть случаи сильной и слабой фокусировки.

Задача ♦7

Вывести Фурье-спектр продольной компоненты поля.

Задача ♦8

Получить распределение электромагнитного поля в дальней зоне с помощью углового распределения спектра в предположении, что лазерный пучок является гауссовским.

Задача ♦9

Вывести выражения радиально и азимутально поляризованного лазерного света

Задача ♦10

Провести аналитическое исследование возбуждения локализованного поверхностного плазмона в зависимости от диаметра золотой наночастицы.

Задача ♦11

Рассчитайте тензор напряжений Максвеллана сферической поверхности, охватывающей Рэлеевскую частицу, освещенную плоской волной.

Задача ♦12

Вывести коэффициент усиления оптического поля вблизи конической золотой наноантенны, используя формализм функции Грина.

7.1. Основная литература:

1. Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения : [учебное пособие : в 2 томах] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова .? Долгопрудный : Интеллект, 2012 .? ; 25. Т. 1 .? 2012 .? 759 с., [4] л. ил. : ил., портр. ? Библиогр. в конце разд. ? ISBN 978-5-91559-038-9 ((в пер.))
2. Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения : [учебное пособие : в 2 томах] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова .? Долгопрудный : Интеллект, 2012 .? ; 25. Т. 2 .? 2012 .? 780 с. : ил. ? Библиогр. в конце разд. ? ISBN 978-5-91559-135-5 ((в пер.)) - 11 экз
3. Гаврилов А.В. и др. Дифракционная нанофотоника / [Гаврилов А. В., Головашкин Д. Л., Досколович Л. Л. и др.] ; под ред. В. А. Сойфер .? Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011 .? 679 с. : ил. ; 24 .? Библиогр. в конце гл. ? ISBN 978-5-9221-1237-6 ((в пер.)) , 400 .
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5296

7.2. Дополнительная литература:

1. Климов, Василий Васильевич. Наноплазмоника / В. В. Климов .? Издание 2-е, исправленное .? Москва : Физматлит, 2010 .? 480 с. : ил., цв. ил. ; 22 см. ? Библиогр. в конце гл. ? ISBN 978-5-9221-1205-5 ((в пер.)) , 700 http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2204
2. Новотный, Лукас. Основы нанооптики : перевод с английского / Л. Новотный, Б. Хехт ; Пер. с англ. А. А. Коновко, О. А. Шутовой; Под ред. В. В. Самарцева .? Москва : Физматлит, 2009 .? 484 с. : ил. ; 24 .? Пер. изд.: Principles of nano-optics / Lukas Novotny, Bert Hecht (Cambridge: Cambridge University Press, 2006) .? Указ.: с. 469-482 .? Библиогр. в конце гл. Оригинал перевода: Principles of nano-optics / ; Lukas Novotny, Bert Hecht .? Cambridge : Cambridge University Press, 2006. ISBN 978-5-9221-1095-2, 300 .

7.3. Интернет-ресурсы:

Введение в нанофотонику - http://tvkultura.ru/anons/show/episode_id/155310/brand_id/20898/
Лаборатория нанофотоники ETH - https://www.photonics.ethz.ch/en/no_cache/home.html
Нанооптика - <http://www.optics.rochester.edu/workgroups/novotny/>
Нанотехнологическое сообщество - <http://www.nanometer.ru/>
Сверхкороткие световые импульсы в квантовой физике -
http://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/961456/video_id/967133/viewtype/picture

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Основы нанофотоники" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

- а) курс лекций по дисциплине;
- б) посещение действующих экспериментальных установок по синтезу фотонных кристаллов.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Харинцев С.С. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Гайнутдинов Р.Х. _____

"__" _____ 201__ г.