

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Нанооптика БЗ.ДВ.10

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):

Бухараев А.А.

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

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

В курсе лекций изложены основные понятия ближнепольной оптической спектроскопии. Вводятся такие основные понятия как: неизлучательная диффракция, ближнее поле, субволновое пространственное разрешение, безапертурные оптические зонды, гигантское усиление электромагнитного поля, поверхностные плазмон-поляритонные возбуждения и др. Рассматриваются методы зондовой микроскопии, лежащие в основе реализации эффектов ближнего поля. Особое внимание уделено вопросам ближнепольной раман спектроскопии, которая позволяет проводить локальный неdestructивный химический анализ наноструктур при нормальных условиях. Центральное место в ближнепольных экспериментах занимает безапертурный металлический зонд, поэтому приводится детальный анализ влияния его параметров (кривизна, форма, кристаллографическая ориентация, диэлектрическая проницаемость) на эффект усиления поля. Подробно освещается метод электрохимического травления металлических зондов. Даются теоретические аспекты вычисления электромагнитного поля вблизи наноразмерных безапертурных металлических зондов. Приводятся основные сведения о ближнепольных нелинейных оптических процессах, лазерных ловушках и гэг-модах. Изложение материала сопровождается многочисленными экспериментальными примерами (спектры и изображения углеродных нанотрубок, фуллеренов, композитных полимерных пленок).

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б3.ДВ.10 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Дисциплина Б3.ДВ6 "Нанооптика" 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	Способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ОК-3	Способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ПК-1 (профессиональные компетенции)	Использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-10 (профессиональные компетенции)	Способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований
ПК-2 (профессиональные компетенции)	Способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью и готовностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей (в соответствии с профилем магистерской программы)
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:

понимать основные принципы нанооптики, вычислять распределение электромагнитного поля вблизи наноразмерных металлических структур методом конечных разностей во временной области

3. должен владеть:

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны:

- понимать физические основы ближнепольной оптики (субволновое пространственное разрешение, эванесцентное поле, поверхностные плазмон-поляритонные возбуждения, гигантское усиление электромагнитного поля, продольные моды электромагнитной волны);
- уметь вычислять распределение электромагнитного поля вблизи наноразмерных металлических структур с помощью моделей: мультиполь-мультипольного взаимодействия и конечных разностей во временной области;
- уметь выполнять оценку усиления электромагнитного поля вблизи безапертурных металлических зондов;
- уметь интерпретировать Раман спектры и изображения, усиленные металлическим зондом.
- иметь основные представления о ближнепольных нелинейных оптических процессах, лазерных ловушках и гЭП модах.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 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	
1.	Тема 1. Введение в нанооптику. Спектроскопия одной молекулы.	6	1	4	5	0	дискуссия
2.	Тема 2. Эванесцентная оптика. Формулы Френеля.	6	2	4	5	0	дискуссия
3.	Тема 3. Малые апертуры. Оптический предел Аббе. Субволновое пространственное разрешение.	6	2	4	5	0	дискуссия
4.	Тема 4. Гигантское усиление электромагнитного поля вблизи металлических наноструктур. Поверхностные плазмон-поляритонные возбуждения. Эффект сингулярности. Оценка усиления электромагнитного поля.	6		3	6	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	
5.	Тема 5. Теоретические аспекты расчета распределения ближнего поля. Модель мультиполь-мультипольного взаимодействия. Модель конечных разностей во временной области.	6		3	6	0	дискуссия
6.	Тема 6. Спектроскопия гэп-мод. Субзондовое разрешение.	6		3	5	0	дискуссия
7.	Тема 7. Трансформационная оптика	6		4	5	0	дискуссия
8.	Тема 8. Метаоптика и метаповерхности	6		4	5	0	дискуссия
9.	Тема 9. Оптика металлов и плазмоники	6		4	5	0	дискуссия
10.	Тема 10. Приложения фотоники и плазмоники	6		3	5	0	дискуссия
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	экзамен
	Итого			36	52	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в нанооптику. Спектроскопия одной молекулы.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Введение в нанооптику 2. Спектроскопия одной молекулы 3. Пространственное разрешение 4. Эффект Муара. 5. Сфера Эвалда и обратное пространство

практическое занятие (5 часа(ов)):

Дискуссия и решение задач

Тема 2. Эванесцентная оптика. Формулы Френеля.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Формулы Френеля 2. Полное внутреннее отражение 3. Обобщенный закон Снелиуса 4. Поляризационные эффекты при отражении света на границе раздела двух сред.

практическое занятие (5 часа(ов)):

Дискуссия и решение задач

Тема 3. Малые апертуры. Оптический предел Аббе. Субволновое пространственное разрешение.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Дифракция на малых отверстиях 2. Преодоление оптического предела Аббе. 3. Оптическая наноантенна.

практическое занятие (5 часа(ов)):

Дискуссия и решение задач Дискуссия и решение задач

Тема 4. Гигантское усиление электромагнитного поля вблизи металлических наноструктур. Поверхностные плазмон-поляритонные возбуждения. Эффект сингулярности. Оценка усиления электромагнитного поля.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

1. Эффект усиления электрического поля вблизи наноантенны. 2. ТЕРС/СЕРС спектроскопия и микроскопия. 3. Виды и дизайн оптических антенн. 4. Эффект сингулярности при отражении от кончика антенны.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Дискуссия и решение задач

Тема 5. Теоретические аспекты расчета распределения ближнего поля. Модель мультиполь-мультипольного взаимодействия. Модель конечных разностей во временной области.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

1. Метод конечных разностей во временной области 2. Моделирование в программной среде Lumerical FDTD. 3. Метод углового распределения поля.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Дискуссия и решение задач

Тема 6. Спектроскопия гэг-мод. Субзондовое разрешение.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

1. Суб-зондовое пространственное разрешение 2. Интерференция плазмонов

практическое занятие (5 часа(ов)):

Дискуссия и решение задач

Тема 7. Трансформационная оптика

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Принцип Ферма 2. Обобщенные законы Снелиуса 3. Фотонные материалы с запрещенной зоной

практическое занятие (5 часа(ов)):

Дискуссия и решение задач

Тема 8. Метаоптика и метаповерхности

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Отрицательный показатель преломления 2. Метаматериалы и метаповерхности 3. Плоская линза

практическое занятие (5 часа(ов)):

Дискуссия и решение задач

Тема 9. Оптика металлов и плазмоники

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Оптика металлов и плазмоники 2. Модели диэлектрической функции 3. Внутре-зонные и меж-зонные переходы в металле переходной группы. 4. Пространственный синхронизм для возбуждения плазмонов.

практическое занятие (5 часа(ов)):

Дискуссия и решение задач

Тема 10. Приложения фотоники и плазмоники

лекционное занятие (3 часа(ов)):

1. Фотовольтаика 2. Плазмонная наноскопия 3. Медицина 4. Наносенсоры 5. Плазмонные волноводы

практическое занятие (5 часа(ов)):

Дискуссия и решение задач

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 в нанооптику. Спектроскопия одной молекулы.	6	1	подготовка к дискуссии	8	дискуссия
2.	Тема 2. Эванесцентная оптика. Формулы Френеля.	6	2	подготовка к дискуссии	8	дискуссия
3.	Тема 3. Малые апертуры. Оптический предел Аббе. Субволновое пространственное разрешение.	6	2	подготовка к дискуссии	8	дискуссия
4.	Тема 4. Гигантское усиление электромагнитного поля вблизи металлических наноструктур. Поверхностные плазмон-поляритонные возбуждения. Эффект сингулярности. Оценка усиления электромагнитного поля.	6		подготовка к дискуссии	8	дискуссия
5.	Тема 5. Теоретические аспекты расчета распределения ближнего поля. Модель мультиполь-мультипольного взаимодействия. Модель конечных разностей во временной области.	6		подготовка к дискуссии	4	дискуссия
6.	Тема 6. Спектроскопия гэгп-мод. Субзондовое разрешение.	6		подготовка к дискуссии	4	дискуссия
7.	Тема 7. Трансформационная оптика	6		подготовка к дискуссии	4	дискуссия
8.	Тема 8. Метаоптика и метаповерхности	6		подготовка к дискуссии	4	дискуссия

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
9.	Тема 9. Оптика металлов и плазмоника	6		подготовка к дискуссии	4	дискуссия
10.	Тема 10. Приложения фотоники и плазмоники	6		подготовка к дискуссии	4	дискуссия
	Итого				56	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Основная технология - лекции (36 часов). 65 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 в нанооптику. Спектроскопия одной молекулы.

дискуссия , примерные вопросы:

В лекции рассматривается взаимодействие света и вещества на наномасштабе. Изучаются распространяющиеся и нераспространяющиеся электромагнитные волны. Безизлучательная дифракция. Сфера Эвальда. Эффект Муара. Вопрос ♦1. 1. Привести дифференциальные сечения рассеяния для Раман эффекта, флуоресценции, резонансного Раман эффекта, стимулированного и гигантского Раман эффекта, поглощения и флуоресценции.

Тема 2. Эванесцентная оптика. Формулы Френеля.

дискуссия , примерные вопросы:

В лекции вводятся оптические затухающие поля. Решается задача определения электрического и магнитного полей электрического диполя в дальней и ближней зоне. Выводятся формулы Френеля на основе диэлектрической функции и анализируются поляризационные эффекты на поверхности. Вопрос ♦1. 1. Рассчитать электрическое поле преломленной на плоском интерфейсе волны в режиме полного внутреннего отражения.

Тема 3. Малые апертуры. Оптический предел Аббе. Субволновое пространственное разрешение.

дискуссия , примерные вопросы:

В лекции рассматривается прохождение плоской волны через субволновые апертуры. Теория Бетте. Обсуждаются физические механизмы преодоления дифракционного предела Аббе. Приводится обзор современных достижений оптической микроскопии в области пространственного разрешения. Обсуждается суб-зондовое пространственное разрешение и гп-спектроскопия. Вопрос ♦3. 1. Зависит ли степень локализации ближнего поля от диэлектрической проницаемости метал-диэлектрического интерфейса.

Тема 4. Гигантское усиление электромагнитного поля вблизи металлических наноструктур. Поверхностные плазмон-поляритонные возбуждения. Эффект сингулярности. Оценка усиления электромагнитного поля.

дискуссия , примерные вопросы:

В лекции рассматриваются эффекты гигантского усиления оптических сигналов на основе плазмонов. Вводится новая парадигма - оптическая наноантенна для визуализации и диагностики одиночных молекул. Рассматривается эффект сингулярного поведения поля вблизи наноантенны. Вопрос ♦4. 1. От каких параметров зависит коэффициент усиления поля вблизи наноантенны.

Тема 5. Теоретические аспекты расчета распределения ближнего поля. Модель мультиполь-мультипольного взаимодействия. Модель конечных разностей во временной области.

дискуссия , примерные вопросы:

В данной лекции рассматриваются теоретические аспекты изучения взаимодействия света и вещества на наномасштабе. Особое внимание уделяется методу конечных разностей во временной области. Даются примеры решения задач с использованием программной среды Lumerical FDTD. Вопрос ♦5. 1. Приведите основные причины расходимости решения в разностных схемах.

Тема 6. Спектроскопия гѐп-мод. Субзондовое разрешение.

дискуссия , примерные вопросы:

В лекции рассматривается теория спектроскопии гѐп-мод и обсуждается возможность получения суб-зондового разрешения. Рассматриваются эффекты подложки, интерференции плазмонов, плазмонной наноантенны со смещенным потенциалом. Вопрос ♦6. 1. Оцените теоретический предел локализации ближнего поля вблизи конической золотой наноантенны.

Тема 7. Трансформационная оптика

дискуссия , примерные вопросы:

В данной лекции рассматриваются основы трансформационной оптики. В частности рассматривается теорема Ферма и обобщенные законы Снелиуса. Вопрос 7. 1. Можно ли создать материал с отрицательными показателями преломления и магнитной восприимчивостью?

Тема 8. Метаоптика и метаповерхности

дискуссия , примерные вопросы:

В данной лекции рассматриваются базовые сведения метаоптики и оптических явления на метаповерхности. Вопрос 8. 1. Можно ли "остановить" свет?

Тема 9. Оптика металлов и плазмоника

дискуссия , примерные вопросы:

В данной лекции рассматриваются основы оптики металлов и плазмоники, рассматриваются модели диэлектрической проницаемости, размерные эффекты. Обсуждаются вопросы возбуждения, распространения и детектирования плазмонов. Вопрос 9. 1. Какова групповая скорость плазмона?

Тема 10. Приложения фотоники и плазмоники

дискуссия , примерные вопросы:

В данной лекции обсуждается практическое использование оптических технологий на основе фотонных материалов с запрещенной зоной, метаматериалов, метаповерхностей, плазмонных материалов. Вопрос 10. 1. Можно ли возбудить плазмон электрическим полем? Привести схему эксперимента.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

ОК-1 ОК-3 ПК-1 ПК-2 ПК-4 ПК-5 ПК-6 ПК-10

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.

2. 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

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.))
3. Физические основы волоконной оптики: Учебное пособие / А.В. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 106 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-369-00966-6, 500 экз.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=309267>

7.2. Дополнительная литература:

- 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

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

7.3. Интернет-ресурсы:

Введение в нанофотонику - http://tvkultura.ru/anons/show/episode_id/155310/brand_id/20898/
Лаборатория нанофотоники - 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 "Нанооптика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

- а) курс лекций по дисциплине;
- б) посещение действующих экспериментальных установок по нанооптике

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):

Бухараев А.А. _____

"__" _____ 201__ г.