

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«А.1.В.ОД.1 Оптика»

Уровень высшего образования

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Направление подготовки

03.06.01 Физика и астрономия
(код и наименование направления подготовки)

Оптика

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная

Год набора 2020

Рабочая программа дисциплины «А.1.В.ОД.1 Оптика» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра радиофизики и электроники

наименование кафедры

протокол № 6 от "17" 02 2020.

Заведующий кафедрой

Кафедра радиофизики и электроники

наименование кафедры

подпись

А.П. Русинов

расшифровка подписи

Исполнители:

Профессор кафедры РФиЭ

должность

подпись

Кучеренко М.Г.

расшифровка подписи

Зав. каф. РФиЭ

должность

подпись

А.П. Русинов

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель направленности (профиля)

Оптика

наименование

личная подпись

М.Г.Кучеренко

расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

личная подпись

расшифровка подписи

Н.Н. Бигалиева

Уполномоченный по качеству факультета

личная подпись

расшифровка подписи

Стрекаловская А.Д.

№ регистрации _____

© Кучеренко М.Г., 2020
© ОГУ, 2020

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины «Оптика» аспирантов, обучающихся по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, направленности «Оптика», является формирование универсальных компетенций, относящихся к профессиональной деятельности физика-исследователя, способного квалифицированно выполнять научную работу и осуществлять образовательную деятельность на основе полученных знаний о спектрально-люминесцентных и спектрально-оптических методах исследования структуры веществ и нанокompозитных систем, навыков проведения спектрально-оптических измерений и умений применять полученные знания для анализа молекулярных систем и прогнозирования их свойств.

В результате освоения дисциплины предполагается наличие готовности выпускников аспирантуры решать задачи в области своей профессиональной деятельности, включающей сферы науки, техники, технологии и образования, связанные с физическими объектами, явлениями и процессами, происходящими в микро- и макромире, физическими закономерностями, рассматриваемыми в основных разделах физической оптики и оптоэлектроники, таких, как неравновесные электронные процессы в молекулярных и полупроводниковых наноструктурах, молекулярная оптоэлектроника, оптоэлектроника гибридных металлоорганических систем, наноплазмоника и квантовая электроника.

Коды формируемых компетенций УК-1,2, ПК-1 способствующих повышению общего уровня подготовки и развитию навыков самостоятельного проведения научно-исследовательской работы, связанной с решением сложных профессиональных задач. В ходе освоения данной дисциплины обучающийся получает новые знания и умения, приобретает новые навыки, необходимые для проведения научно-исследовательских работ в области физической оптики, квантовой электроники и фотоники, а также для осуществления научно-образовательной деятельности по дисциплинам физико-технического профиля в различных образовательных учреждениях.

Задачи:

- изучение современной приборной спектрально-оптической базы научных исследований в области оптики молекулярных систем и наноструктур;
- изучение основных закономерностей формирования электромагнитных полей в оптической области спектра для систем с различным типом химических связей между атомами;
- изучение основных типов наноразмерных оптически активных систем и особенностей их функционирования;
- освоение расчетных методов исследования структуры спектров на основе современной вычислительной техники специализированных программных пакетов;
- получение навыков научного прогнозирования оптических свойств молекулярных систем и наноструктур для практического использования результатов прогноза в оптоэлектронном приборостроении и технологиях.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *А.1.Б.1 Иностранный язык, А.1.Б.2 История и философия науки*

Постреквизиты дисциплины: *А.2.В.1 Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности, педагогическая практика, А.3.В.1 Научно-исследовательская деятельность, А.3.В.2 Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<p><u>Знать:</u> - основной круг проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности – оптической спектроскопии молекулярных систем, и основные способы (методы, алгоритмы) их решения: запись и расшифровка оптических спектров, статистическая обработка результатов спектральных измерений; - основные источники и методы поиска научной информации по направленности «Оптика».</p> <p><u>Уметь:</u> - находить и выбирать наиболее эффективные методы и технологии решения основных типов проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности – спектральном анализе молекулярных систем и наноструктур; - обобщать и систематизировать передовые достижения научной мысли и основные тенденции на практике; - выдвигать научные гипотезы, находить и использовать необходимые данные и эффективно применять методы их логического анализа; - выделять и обосновывать авторский вклад в проводимое исследование, оценивать его научную новизну и практическую значимость, отличие от результатов исследований других ученых при соблюдении научной этики и авторских прав.</p> <p><u>Владеть:</u> - современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в сфере физической оптики и оптоэлектроники, а также оптического приборостроения; - навыками публикации результатов научных исследований в рецензируемых научных изданиях: «Pure and Applied Optics», «Journal of Luminescence», «Nanooptics», «Оптика и спектроскопия», «Журнал прикладной спектроскопии», «Оптический журнал» и др.</p>	<p>УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>
<p><u>Знать:</u> - методы планирования и проведения современного спектрально-оптического эксперимента с использованием источников монохроматического излучения и высокочувствительных приемных элементов и систем.</p> <p><u>Уметь:</u> - использовать в качестве источников возбуждения газовые и твердотельные лазеры, полупроводниковые лазеры и лазеры с диодной накачкой; - использовать дисперсионные приборы для оптической фильтрации световых потоков и слабых сигналов.</p> <p><u>Владеть:</u> - современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в сфере физической оптики и оптоэлектроники, а также оптического приборостроения; - навыками публикации результатов научных исследований в рецензируемых научных изданиях: «Pure and Applied Optics», «Journal of Luminescence», «Оптика и спектроскопия», «Журнал прикладной спектроскопии», «Оптический журнал» и др.</p>	<p>УК-2 способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки</p>
<p><u>Знать:</u> - технические характеристики спектрально-оптических приборов и возможности их использования для решения различных научных проблем - методы планирования и проведения современного спектрально-</p>	<p>ПК-1 способностью к планированию, подготовке и проведению научных исследований в области оптики с использованием</p>

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
оптического эксперимента с использованием источников монохроматического излучения и высокочувствительных приемных элементов и систем. Уметь: - создавать и оптимизировать схемы спектрально-оптических устройств и комбинированных систем на их основе; - применять спектрально-оптические и спектрально-люминесцентные приборы и устройства для решения научных и прикладных проблем физико-химии молекулярных систем. Владеть: - оптическими методами исследования и анализа свойств молекулярных систем и конденсированных сред; - методами анализа оптических спектров с целью идентификации атомно-молекулярных систем и обнаружения особенностей их структуры.	актуальных теоретических подходов и современного лабораторного оборудования

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	3 семестр	4 семестр	всего
Общая трудоёмкость	108	108	216
Контактная работа:	19	21	40
Лекции (Л)	8	8	16
Практические занятия (ПЗ)	10	10	20
Консультации		2	2
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий	0,75	0,7	1,45
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,3	0,55
Самостоятельная работа: <i>- проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;</i> <i>- подготовка к практическим занятиям;</i> <i>- подготовка к коллоквиумам;</i> <i>- подготовка к рубежному контролю</i>	89	87	176
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	диф. зач.	экзамен	

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Техника спектроскопии		1	2		20
2	Систематика энергетических состояний атома и атомные спектры		2	2		20
3	Молекулярная спектроскопия		2	2		20

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
4	Энергетическая структура и радиационные спектры твердых тел		2	2		20
5	Основы нелинейной спектроскопии		1	2		10
	Итого:	108	8	10		90

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Фотоэлектронные процессы		1	2		20
2	Селективная спектроскопия одиночных молекул и наночастиц		2	2		20
3	Оптика наноструктурированных материалов		2	2		20
4	Фотопроцессы в гетерогенных системах		2	2		20
5	Оптическая спектроскопия временного разрешения		1	2		10
	Итого:	108	8	10		90
	Всего:	216	16	20		180

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел №1. Техника спектроскопии

Основные типы классических спектральных приборов и их характеристики (разрешающая способность, светосила, аппаратная функция). Приборы с дифракционными решетками и призмами. Особенности спектрометров для ИК, УФ и ВУФ областей спектра. Фурье-спектрометры. Спектроскопия временного разрешения. Лазерный флеш-фотолиз.

Раздел №2. Систематика энергетических состояний атома и атомные спектры

Решения уравнения Шредингера для одноэлектронного атома. Орбитальный и спиновый моменты электрона. Тонкая структура уровней водородоподобного атома. Лэмбовский сдвиг. Энергетические состояния многоэлектронных атомов. Одноэлектронное приближение. Атомные орбитали. Принцип Паули. Электронные состояния многоэлектронных атомов. Мультиплетная структура атомных термов. Векторная модель. Основные типы связи моментов в атомах. Квантовая теория излучения. Интенсивность спектральных линий. Дипольное приближение. Правила отбора для дипольных переходов в атомах. Основные закономерности в спектрах атомов. Тонкая структура уровней атома и спектральных линий. Сверхтонкая структура. Роль магнитного и квадрупольного моментов ядер. Рентгеновские спектры. Характеристический и сплошной спектр поглощения и испускания. Влияние внешнего электрического и магнитного поля на уровни энергии и спектры атомов.

Раздел №3. Молекулярная спектроскопия

Классификация электронных состояний молекул по типам симметрии. Колебательные состояния молекул. Колебательные термы и волновые функции двухатомных молекул в гармоническом приближении и с потенциалом Морзе. Нормальные координаты и нормальные колебания. Вращательные уровни энергии и волновые функции жесткого ротатора. Взаимодействие колебаний и вращения, нежесткий ротатор. Спин-орбитальное взаимодействие в молекулах. Типы связи угловых моментов (Гундовские типы связи). Колебательная и вращательная структура электронных переходов и распределение интенсивности. Законы Стокса, Левшина, Вавилова. Влияние среды на спектры органических молекул. Задачи и методы молекулярного спектрального анализа.

Раздел №4. Энергетическая структура и радиационные спектры твердых тел

Энергетическая структура твердого тела. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны, закон дисперсии. Особенности электронного строения металлов, изоляторов и полупроводников. Уровень Ферми, его зависимость от температуры в металлах и полупроводниках. Прямые и непрямые оптические переходы между зонами, правила отбора. Спектры собственного поглощения. Примесное поглощение. Экситонные эффекты в оптических спектрах. Приповерхностная область кристалла. Поверхностные дефекты и уровни Тамма. Уровень Ферми в объеме и на поверхности. Молекулярные кристаллы. Основные типы межмолекулярного взаимодействия: Ван-дер-Ваальсово, донорно-акцепторное, водородная связь.

Раздел №5. Основы нелинейной спектроскопии

Оптические уравнения Блоха. Нелинейное поглощение. Само индуцированная прозрачность. Фотонное эхо. Кооперативные явления. Многофотонные процессы. Кинетика и механизм двухфотонных реакций. Параметрические нелинейные явления. Вынужденное комбинационное рассеяние света. Основы теории нелинейной дисперсии. Тензоры нелинейной поляризации для квадратично и кубически-нелинейных сред. Генерация кратных, суммарных и разностных гармоник. Лазерная спектроскопия. Лазеры в диагностике плазмы. Лазерные методы в спектральном анализе.

Раздел №6. Фотоэлектронные процессы

Фотодиссоциация изолированных молекул. Активационный барьер, переходный комплекс. Прямая диссоциация и преддиссоциация двухатомных молекул. Фотоэлектронная спектроскопия. Рентгеноэлектронная спектроскопия. Внешний фотоэффект. Основные законы фотоэффекта и основные методы исследования. Квантовый выход фотоэмиссии и энергетические спектры фотоэлектронов. Особенности фотоэмиссии с металлов, полупроводников и диэлектриков, молекулярных кристаллов. Фотопроводимость твердых тел. Явление возникновения фото-эдс. Преобразование световой энергии в электрическую. Комплексы с переносом заряда: физико-химические проявления КПЗ, эксимеры, эксиплексы, внутримолекулярные и контактные КПЗ. Спектры поглощения и люминесценции КПЗ.

Раздел №7. Селективная спектроскопия одиночных молекул и наночастиц

Зондовая микроскопия. Оптическая зондовая микроскопия ближнего поля. Конфокальная микроскопия одиночных наночастиц и биомолекул. Одиночная молекула как зонд нанометрового разрешения. Флуктуации флуоресценции одиночной полимерной молекулы. Теоретические модели мерцающей флуоресценции. Квантовые точки и кристаллы полупроводников.

Раздел №8. Оптика наноструктурированных материалов

Объекты оптики наноструктур. Особенности взаимодействия света с наноразмерными системами. Теория Ми. Резонансы Ми. Поверхностные плазмон-поляритоны в массивном металле и наноразмерных металлических пленках. Природа оптических резонансов и размерных эффектов в металлических наночастицах размером менее 20 нм. Коллективные колебания электронов массивного металла и наночастицы. Дисперсия поверхностных плазмон-поляритонов в наноразмерных металлических пленках. Концепция поверхностных плазмонов и эффект размера в малых частицах. Теория и эксперимент. Однофотонное поглощение света квантовыми точками. Размерное квантование и энергетический спектр в квантовой яме и сверхрешетке. Межзонные и межподзонные оптические переходы в квантовых ямах. Плотность состояний в квантовой яме. Резонансное отражение и поглощение света в структурах с квантовыми ямами и в сверхрешетках. Распространение электромагнитных волн в средах с периодическим изменением диэлектрической проницаемости. Одно-, двух- и трехмерный случаи распространения электромагнитных волн в средах. Фотонные зоны.

Раздел №9. Фотопроцессы в гетерогенных системах

Спектроскопия термодесорбции. Классификация фотостимулированных процессов в системе газ-твердое тело. Фотостимулированное дефектообразование. Процессы термо- и фото-отжига дефектов и захваченных носителей. Миграция энергии. Взаимодействие объемных электронных возбуждений с поверхностью плазмы. Плазмон-экситонный.

Раздел №10. Оптическая спектроскопия временного разрешения

Импульсный лазерный фотолиз. Оптическая спектроскопия триплетных состояний с микросекундным разрешением. Триплет-триплетный перенос энергии. Спектроскопия синглетных состояний молекул с наносекундным разрешением. Пикосекундная и фемтосекундная спектроскопия. перенос энергии в слоистой планарной наноструктуре.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	3	Триплетное состояние органических молекул. Энергия низшего триплетного состояния. Излучательные и безызлучательные переходы в трехуровневой схеме.	5
2	3	Формирование электронных спектров поглощения и испускания в сложных молекулах.	5
3	8	Квантово-механические свойства простейших полупроводниковых наноструктур. Понятие плотности состояний в низкоразмерных структурах.	5
4	8	Экситоны в наноструктурах. Размерное квантование электронной подсистемы квантовых точек. Размерное квантование колебательной подсистемы квантовых точек.	5
		Итого:	20

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Кучеренко, М. Г., Процессы с участием электронно-возбужденных молекул на поверхностях твердых адсорбентов [Текст]: монография / М. Г. Кучеренко, Т. М. Чмерева. - Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2010. - 345 с. - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 330-344. - ISBN 978-5-7410-1137-9.

2. Кучеренко М.Г. Кинетика молекулярных фото процессов. Постановка и решение задач. Оренбург: ОГУ. 2012. -190 с.

3. Кучеренко М.Г., Степанов В.Н. Экситонные процессы в полимерных цепях. 2013. Оренбург: ОГУ. - 207 с.

4. Иванов, И.Г. Основы квантовой электроники: учебное пособие / И.Г. Иванов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Физический факультет. - Ростов-н/Д: Издательство Южного федерального университета, 2011. - 174 с. - библиогр. с: С. 168-169. - ISBN 978-5-9275-0873-0; То же [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241055>.

5.2 Дополнительная литература

1. Л.В.Левшин, А.М.Салецкий. Оптические методы исследования молекулярных систем. 1. Молекулярная спектроскопия. Изд. МГУ, 1994.

2. М.А.Ельяшевич. Атомная и молекулярная спектроскопия. М. Эдитор. УРСС, 1962, 896 с.

3. И.И.Собельман. Введение в теорию атомных спектров. М. Наука. 1977.

4. И.С. Осадько. Флукутирующая флуоресценция наночастиц. М.: Физматлит. 2011. -320 с.

5. М.Г. Кучеренко. Процессы с участием электронно-возбужденных молекул. Оренбург: ОГУ. 2000. 60 с.

6. М.Г.Кучеренко, Т.М. Чмерева. Определение магнитных моментов атомов с учетом спин-орбитального взаимодействия электронов // Вестник Оренбургск. гос. ун-та. 2000. - №1. -С. 26-33.

7. М.Г. Кучеренко. Квантовый выход люминесценции молекулярных систем: примесное тушение и взаимная дезактивация возбуждений // Вестник Оренбургск. гос. ун-та. 2002.- №2 (12). – С. 176-184.

5.3 Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2016.
2. Успехи физических наук : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.
3. Оптика и спектроскопия : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2017, 2018.

5.4 Интернет-ресурсы

1. <http://ufn.ru/> - Журнал «Успехи физических наук».
2. <http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index> - Журнал экспериментальной и теоретической физики.
3. <http://www.quantum-electron.ru/> - Журнал «Квантовая электроника».
4. <http://journals.ioffe.ru> Журналы института Иоффе (С.-Петербург).
5. <http://www.nanorf.ru/> Российские нанотехнологии.
6. <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/virtual/virtual.html> Мир оптики и микроскопии.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1. Операционная система Microsoft Windows.
2. Пакет настольных приложений Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access).
3. Интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач PTC MathCAD 14.0..
4. SCOPUS [Электронный ресурс] : реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/>, в локальной сети ОГУ.
5. Springer [Электронный ресурс] : база данных научных книг, журналов, справочных материалов / компания Springer Customer Service Center GmbH. – Режим доступа : <https://link.springer.com/>, в локальной сети ОГУ.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

Освоение данной дисциплины предполагает активное использование учебного и научного оборудования кафедры радиофизики и электроники и Центра лазерной и информационной биофизики, размещенного в аудиториях № 2331, № 2532, № 2533.

В том числе:

- Учебно-методический комплекс для экспериментов по оптике УМОГ-3В;
- Лабораторно-оптический комплекс ЛКО-1;
- Гелий-неоновые лазеры ЛГ-209, ГН-1 и ГН-25-1;
- Твердотельные лазеры с ламповой накачкой LQ125 LQ529В;
- Твердотельный лазер с диодной накачкой АТС 53–250;
- Монохроматоры МХД-2, МДР-204, МДР-206;
- Осциллографы цифровые GDS-840С, GDS-840S и АСК-4106;

- Фотоэлектронные умножители ФЭУ-100, ФЭУ-84 с блоками питания;
- Генераторы импульсов Г5-56, Г5-15 и Г4-11А
- Спектрофотометры Genesys 10 Vis и T70 UV/Vis
- Измеритель мощности лазерного излучения Ophir 30A-SH-V1
- Полупроводниковые лазерные модули (3 шт. — 405, 450, 650 нм)