

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

ПРИНЯТО

УТВЕРЖДАЮ

Ученым советом ФИАН

Протокол № 3/12 от 3 . 04 2017 г.

Ученый секретарь


Колобов А.В.

Директор ФИАН

Колачевский Н.Н.


« 3 » 04 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оптика»

(наименование дисциплины)

Направление подготовки:

03.06.01 - Физика и астрономия

(указывается код и наименование направления подготовки)

Направленность подготовки:

01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики

01.04.05 Оптика

01.04.20 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

01.04.21 Лазерная физика

(указывается наименование направленности)

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения: очная

Москва, 2017 г.

1. Цели и задачи дисциплины. Опираясь на полученные ранее знания по специальным курсам в магистратуре, программа дисциплины предполагает углубленное изучение аспирантами современных проблем нелинейной и квантовой оптики, лазерной физики, прецизионной спектроскопии, физики взаимодействия оптического излучения с веществом, оптики наноразмерных систем и физики энергоэффективных светоизлучающих и фотовольтаических элементов. В ходе освоения дисциплины аспиранты смогут ознакомиться с активно развиваемыми в настоящее время экспериментальными и теоретическими методиками, активно применяемыми в ведущих мировых научных центрах при выполнении исследований в области оптики и спектроскопии.

2. Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору программы аспирантуры. Дисциплина изучается на 2 курсе аспирантуры.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Требования к «входным» знаниям, умениям и готовности обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин: программы бакалавриата по общей физике; программы бакалавриата и магистратуры по теоретической физике; программы бакалавриата по математическому анализу, линейной алгебре, дифференциальным уравнениям и уравнениям математической физики.

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: данная дисциплина позиционируется как завершающая в цикле учебных дисциплин, связанных с оптикой. Предполагается, что полученные навыки будут применяться аспирантами при подготовке диссертационной работы и в ходе дальнейших научных исследований.

Актуальность курса обусловлена существенным разрывом между базовыми знаниями по оптике, получаемыми студентами в ходе обучения в бакалавриате и магистратуре, и современными экспериментальными и теоретическими методами, активно применяемыми в ходе выполнения оптических исследований в ведущих научных центрах.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Формируемые компетенции (код и название компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
---	--

<p>УК-1 (способность 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>Знать: современные научные достижения в предметной области дисциплины; основные закономерности; основные экспериментальные и теоретические методы изучения дисциплины,</p> <p>Уметь: способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области дисциплины.</p>
<p>ПК-4 Способность проводить исследование природы света и явлений при его распространении и взаимодействии с веществом, а также разрабатывать основы новых технологий регистрации и обработки изображений, передачи информации и энергии, диагностики природных и техногенных объектов и процессов, изучения фундаментальных свойств материи (свет, как электромагнитные волны, рассматривается в области спектра от мягкой рентгеновской до субмиллиметровой)</p>	<p>Знать: методики анализа современных физико-технических проблем, способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач оптики</p> <p>Уметь: критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития оптики.</p> <p>Владеть: приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению научных задач оптики.</p>
<p>ПК-2) Способность к проведению экспериментальных и теоретических исследований, направленных на разработку новых принципов и методов физических измерений, а также к созданию новых приборов и устройств для изучения физических явлений и процессов</p>	<p>Знать: методики анализа современных физико-технических проблем, способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач разработки приборов и методов экспериментальной физики.</p> <p>Уметь: критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития разработки приборов и методов экспериментальной физики.</p> <p>Владеть: приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению научных задач разработки приборов и методов экспериментальной физики.</p>

<p>ПК-8 Способность проводить исследования обеспечивающие теоретическую и экспериментальную базу для получения и ускорения пучков заряженных частиц. Разрабатывать теорию и технику создания электромагнитных полей, динамику и оптику пучков заряженных частиц, исследования взаимодействия пучков с полями, веществом и друг с другом</p>	<p>Знать: методики анализа современных физико-технических проблем, способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники.</p> <p>Уметь: критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития Физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники.</p> <p>Владеть: приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению научных задач Физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники.</p>
<p>ПК-9 Способность проводить широкого круга исследований когерентного оптического излучения и его применения в различных областях науки, техники, информатики, медицины, экологии</p>	<p>Знать: методики анализа современных физико-технических проблем, способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач лазерной физики</p> <p>Уметь: критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития лазерной физики.</p> <p>Владеть: приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению научных задач лазерной физики.</p>

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость			
	зач. ед.	час.	в т.ч. по семестрам	
			№ 1	№ 2
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	4	144	72	72
Аудиторная работа:		72	36	36

Вид учебной работы	Трудоёмкость			
	зач. ед.	час.	в т.ч. по семестрам	
			№ 1	№ 2
<i>лекции (Л)</i>		40	20	20
<i>Практические занятия</i>		32	16	16
Самостоятельная работа:		58	29	29
Вид контроля: Зачет		14	7	7

4.2 Содержание дисциплины

Тематический план учебной дисциплины

	Семестр 1	
1	Прецизионная спектроскопия атомарного водорода: дрейф фундаментальных констант, тесты теорий и уточнение постоянной Ридберга	
2	Радиационно-столкновительные процессы с участием высоковозбужденных состояний атомов и молекул	
3	Ультрастабильные лазеры для задач метрологии и спектроскопии	
4	Нелинейное распространение мощных лазерных импульсов в прозрачных средах. Филаментация.	
5	Принципы когерентного лазерного управления. Лазерное управление квантовыми системами.	
6	Квантовые шумы в оптических приборах. Неклассические состояния света.	
7	Частичные измерения в инженерии квантовых состояний света	
8	Компьютерное моделирование фотопроцессов в системах со многими степенями свободы	
9	Лазерный термоядерный синтез: достижения и перспективы.	
10	Лазерно-плазменная физика высоких энергий.	
11	Сверхбыстрая линейная оптика материалов. Плазмоника поверхностей и наноструктурирование.	
	Семестр 2	
1	Основные положения теории Ми для однородной сферы и ее обобщение на случай многослойных концентрических сфер. Вклады поперечно-магнитных (ТМ) и поперечно-электрических (ТЕ) мод различного порядка мультипольности. Аналитические выражения для сечений поглощения и рассеяния света шаром и сфероидом в квазистатическом приближении.	
2	Вклады процессов поглощения и рассеяния света в полное сечение экстинкции. Спектральные положения и ширины дипольных и мультипольных резонансов в металлическом однородном шаре. Частота Фрелиха.	
3	Оптические свойства молекулярных J-агрегатов органических красителей. Экситоны Френкеля.	
4	Роль эффектов плазмон-экситонного взаимодействия в спектроскопии наночастиц и нанопалочек. Режимы слабой и сильной плазмон-экситонной связи в металлических наноболочках, покрытых молекулярными J-	

	агрегатами.	
5	Оптические свойства металлоорганических наночастиц. Методы управления оптическими свойствами двухслойных и трехслойных наноструктур с металлическим ядром и J-агрегатной оболочкой.	
6	Электромагнитные волны на плоской поверхности идеального проводника. Дисперсионные кривые поверхностных плазмон-поляритонов, эффект диэлектрической среды, условие поверхностного плазмонного резонанса.	
7	Электрический и магнитный дипольные резонансы (а также более высших порядков) в рассеянии света диэлектрическими наночастицами. Моды шепчущей галереи. Нелинейно-оптические и сенсорные свойства диэлектрических наноантенн.	
8	Запрещенные зоны в фотонных кристаллах. Влияние поляризации. Методы увеличения ширины запрещенной зоны. Примеры трехмерных фотонных кристаллов.	
9	Дефекты в двумерных и трехмерных фотонных кристаллах. Их применение.	
10	Фотоннокристаллическое оптоволокно (ФКО). Типы применяемых ФКО, их свойства и преимущества. Одномодовое волокно.	
11	Новые источники света на коллоидных квантовых точках. Способы преодоления предела Аббе и STED-наноитография.	
12	Вычислительные методы фотоники	
13	Теория дипольного нанолазера.	

4.3. Практические занятия (ПР)

	Наименование	
1	Основные положения теории Ми для однородной сферы и ее обобщение на случай многослойных концентрических сфер. Вклады поперечно-магнитных (ТМ) и поперечно-электрических (ТЕ) мод различного порядка мультипольности. Аналитические выражения для сечений поглощения и рассеяния света шаром и сфероидом в квазистатическом приближении.	
2	Вклады процессов поглощения и рассеяния света в полное сечение экстинкции. Спектральные положения и ширины дипольных и мультипольных резонансов в металлическом однородном шаре. Частота Фрелиха.	
3	Оптические свойства молекулярных J-агрегатов органических красителей. Экситоны Френкеля.	
4	Роль эффектов плазмон-экситонного взаимодействия в спектроскопии наночастиц и нанопалочек. Режимы слабой и сильной плазмон-экситонной связи в металлических нанооболочках, покрытых молекулярными J-агрегатами.	
5	Методы управления оптическими свойствами двухслойных и трехслойных наноструктур с металлическим ядром и J-агрегатной оболочкой.	
6	Чем отличаются коллективное спонтанное излучение (сверхизлучение Дике) от спонтанного излучения отдельного излучателя в свободном пространстве? Почему возникают эти отличия?	
7	Какие условия необходимы для возникновения сверхизлучения Дике в свободном пространстве и в резонаторе лазера и в чем сходства и отличия условий в резонаторе от условий в свободном пространстве?	
8	Как устроен дипольный нанолазер и в чем его основное отличие и преимущество по сравнению с обычными лазерами.	
9	Известно, что спектр спонтанного излучения ансамбля двухуровневых атомов в	

	резонаторе может иметь два пика. Почему они возникают?
10	Когда и почему могут возникнуть два пика при одномодовой лазерной генерации?
11	Запрещенные зоны в фотонных кристаллах. Влияние поляризации. Методы увеличения ширины запрещенной зоны. Примеры трехмерных фотонных кристаллов.
12	Дефекты в двумерных и трехмерных фотонных кристаллах. Их применение.
13	Фотоннокристаллическое оптоволокно (ФКО). Типы применяемых ФКО, их свойства и преимущества. Одномодовое волокно.
14	Расходимость структурированных световых пучков по сравнению с непрерывными Гауссовыми (из общих соображений).
15	Орбитальный угловой момент световых пучков: вихревые пучки.
16	Азимутальная и радиальная поляризация световых пучков.

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

- 1) подготовка к лекциям с использованием материалов приведенных ниже (п 8.1 и 8.2) источников;
- 2) перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации – в соответствии с тематикой дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Оптика», с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы. Карты компетенций приведены в ООП.

6.2.1. Показатели и критерии оценивания компетенций, используемые шкалы оценивания

Элементы компетенций (знания, умения, владения)	Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Знать (УК-1)	<i>Знание:</i> современные научные достижения в предметной области дисциплины; основные закономерности; основные экспериментальные и	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, выполнение домашнего задания <i>Промежуточная</i>	Шкала 1

	теоретические методы изучения дисциплины,		<i>аттестация:</i> зачет	
Уметь (УК-1)	Умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, выполнение домашнего задания <i>Промежуточная аттестация:</i> зачет	Шкала 2
Знать (ПК-2) (ПК-4) (ПК-8) (ПК-9)	Знание методики анализа современных физико-технических проблем, способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач дисциплины	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, выполнение домашнего задания <i>Промежуточная аттестация:</i> зачет	Шкала 1
Уметь (ПК-2) (ПК-4) (ПК-8) (ПК-9)	Умение критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития задач дисциплины	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> Устное собеседование; выполнение практического задания, выполнение домашнего задания <i>Промежуточная аттестация:</i> зачет	Шкала 2

6.2.2. Описание шкал оценивания степени сформированности элементов компетенций

Шкала 1. Оценка сформированности отдельных элементов компетенций

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции		
Цифр.	Оценка	Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетвори	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков

	тельно			
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно (по усмотрению преподавателя)	Знать на уровне ориентирования , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине – зачет.

Шкала оценивания			
Не удовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Типовые вопросы и задания для текущего контроля (оценка сформированности элементов (знаний, умений) компетенций УК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-8, ПК-9 в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины:

1. Основные положения теории Ми для однородной сферы и ее обобщение на случай многослойных концентрических сфер. Вклады поперечно-магнитных (ТМ) и поперечно-электрических (ТЕ) мод различного порядка мультипольности. Аналитические выражения для сечений поглощения и рассеяния света шаром и сфероидом в квазистатическом приближении.
2. Вклады процессов поглощения и рассеяния света в полное сечение экстинкции. Спектральные положения и ширины дипольных и мультипольных резонансов в металлическом однородном шаре. Частота Фрелиха.
3. Оптические свойства молекулярных J-агрегатов органических красителей. Экситоны Френкеля.
4. Роль эффектов плазмон-экситонного взаимодействия в спектроскопии наночастиц и нанопалочек. Режимы слабой и сильной плазмон-экситонной связи в металлических нанооболочках, покрытых молекулярными J-агрегатами.
5. Методы управления оптическими свойствами двухслойных и трехслойных наноструктур с металлическим ядром и J-агрегатной оболочкой.
6. Чем отличается коллективное спонтанное излучение (сверхизлучение Дике) от спонтанного излучения отдельного излучателя в свободном пространстве? Почему возникают эти отличия?
7. Какие условия необходимы для возникновения сверхизлучения Дике в свободном пространстве и в резонаторе лазера и в чем сходства и отличия условий в резонаторе от условий в свободном пространстве?
8. Как устроен дипольный нанолазер и в чем его основное отличие и преимущество по сравнению с обычными лазерами.
9. Известно, что спектр спонтанного излучения ансамбля двухуровневых атомов в резонаторе может иметь два пика. Почему они возникают?
10. Когда и почему могут возникнуть два пика при одномодовой лазерной генерации?
11. Запрещенные зоны в фотонных кристаллах. Влияние поляризации. Методы увеличения ширины запрещенной зоны. Примеры трехмерных фотонных кристаллов.
12. Дефекты в двумерных и трехмерных фотонных кристаллах. Их применение.
13. Фотоннокристаллическое оптоволокно (ФКО). Типы применяемых ФКО, их свойства и преимущества. Одномодовое волокно.
14. Расходимость структурированных световых пучков по сравнению с непрерывными Гауссовыми (из общих соображений).
15. Орбитальный угловой момент световых пучков: вихревые пучки.
16. Азимутальная и радиальная поляризация световых пучков.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедуры и средства оценивания элементов компетенций по дисциплине

Процедура проведения	Средство оценивания			
	Текущий контроль			Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение домашних заданий	Зачет
Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного задания	Устные вопросы	Письменные задания	Письменные задания	Письменное задание
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Лекционный материал	Лекционный материал Справочная литература	Лекционный материал Справочная литература	Лекционный материал Справочная литература

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Оптика» предусматривает лекции и самостоятельные занятия. Успешное изучение дисциплины требует посещения лекций, активной самостоятельной работы, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

При подготовке к лекционным занятиям аспирантам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам.

Виды самостоятельной работы: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам

Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности аспирантов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию аспиранты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо:

до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;

на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения.

8. Ресурсное обеспечение:

8.1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Баумейстер Д., Экерт А., Цайлингер А. *Физика квантовой информации*. М.: Постмаркет, 2002.
2. Валиев К. А., А. А. Кокин. *Квантовые компьютеры: надежды и реальность*. Ижевск: РХД, 2001.
3. Кайе Ф., Лафлам Р., Моска М. *Введение в квантовые вычисления*. Ижевск: РХД, 2009
4. Китаев А., Шень А., Вялый М. *Классические и квантовые вычисления*. М.: МЦНМО, 1999.
5. Нильсен М., Чанг И. *Квантовые вычисления и квантовая информация*. М.: Мир, 2006.
6. Ожигов Ю. И. *Квантовые вычисления*. М.: Макс Пресс, 2003.
7. Ш.Имре, Ф.Балаж. *Квантовые вычисления и связь*. М.: Физматлит, 2008.
8. A. Beyer et. al., The Rydberg constant and proton size from atomic Hydrogen, *Science* **358**, 79–85 (2017)
9. В. Демтредер. *Лазерная спектроскопия*. М.: Наука, 1985
10. Кандидов В.П., Шлёнов С.А., Косарева О.Г., Филаментация мощного фемтосекундного лазерного излучения, *Квант. Электрон.*, т. **39**, р. 205, 2009.
11. Couairon A., Mysyrowicz A., Femtosecond filamentation in transparent media, *Phys. Rep.*, т. **441**, р. 47, 2007
12. Chin S.L., Femtosecond Laser Filamentation, в *Springer series on atomic, optical and plasma physics*, New York, Springer Science + Business Media, LLC, р. 55, 2010

13. Chin S.L., Hosseini S.A., Liu W., Luo Q., Theberge F., Aközbek N., Becker A., Kandidov V.P., Kosareva O.G., Schroeder H., The propagation of powerful femtosecond laser pulses in optical media: physics, applications, and new challenges, *Can. J. of Phys.*, т. **83**, p. 863, 2005
14. J.M. Pasachoff. *Complete Idiot's Guide to the Sun*. Alpha Books, Penguin/Putnam, 2003
15. K. Bergmann, H. Theuer and B. W. Shore, *Rev. Mod. Phys.* **70**, 1003 (1998)
16. D. Tannor et al, *J. Chem. Phys.* **83**, 5013 (1985); *J. Chem. Phys.* **85**, 5805 (1986).
17. F. Grossman. *Theoretical Femtosecond Physics*. 2nd ed., Springer, 2013
18. Б.И. Шапиро, “Блочное строительство” агрегатов полиметиновых красителей, Российские нанотехнологии, Том 3, № 3-4, сс. 72-83 (2008).
19. G.P. Wiederrecht, G.A. Wurtz, A. Bouhelier, *Ultrafast hybrid plasmonics*, Chem. Phys. Lett., Vol. 461, pp. 171–179 (2008).
20. В.С.Лебедев, А.С.Медведев, *Эффекты плазмон-экситонного взаимодействия при поглощении и рассеянии света двухслойными наночастицами металл/J-агрегат*, Квантовая электроника, Том 42, № 8, сс. 701-713 (2012).
21. В.С.Лебедев, А.С.Медведев, *Оптические свойства трехслойных металлоорганических наночастиц с внешней оболочкой молекулярных J-агрегатов*, Квантовая электроника, Том 43, № 11, сс.1065–1077 (2013).
22. В.В. Климов, *Наноплазмоника*, Физматлит, 2009.
23. А.Е.Краснок и др. *Оптические наноантенны //Успехи физических наук.* – 2013. – Т. 183. – №. 6. – С. 561-589.
24. Л.И.Меньшиков «Сверхизлучение и некоторые родственные явления» УФН, том 69 N2 стр.113 (1999) см. там разделы 1 и 2.
25. S.Kreinberg, W.W.Chow, ..., Frank Jahnke «Emission from quantum-dot high- β microcavities transition from spontaneous emission to lasing and the effects of superradiant emitter coupling» *Light: Science & Applications* (2017) 6, e17030; doi:10.1038/lsa.2017.30
26. И.Е.Проценко «Теория дипольного нанолазера» УФН, т.82, Том,10 стр.6 (2012)
27. I. E. Protsenko, A. V. Uskov, O.A.Zaimidoroga, V.N.Samoilov, and E.P.O'Reilly «Dipole nanolaser» *PRA*, v71, p.063812 (2005).
28. Jun-ichi Inoue, Tetsuyuki Ochiai, and Kazuaki Sakoda «Spontaneous emission properties of a quantum dot in an ultrahigh-Q cavity: Crossover from weak- to strong-coupling states and robust quantum interference» *PHYSICAL REVIEW A*, v77, p.015806 (2008).
29. G. S. Agarwal “Vacuum-field Rabi oscillations of atoms in a cavity” *J. Opt. Soc. Am. B*, Vol. 2, No. 3, 480 (1985)
30. J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn, and R. D. Meade, *Photonic Crystals: Molding the Flow of Light*, 2nd edition, PUP 2008
31. K. Busch, S. Lolkes, R. B. Wehrspohn, H. Foll, *Photonic Crystals: Advances in Design, Fabrication, and Characterization*, Wiley 2006
32. F. Poli, A. Cucinotta, S. Selleri, *Photonic Crystal Fibers*, Springer, 2007
33. Е. Г. Абрамочкин, В. Г. Волостников, *Спиральные пучки света*, УФН, 2004, том 174, номер 12, страницы 1273–1300, DOI: <https://doi.org/10.3367/UFN.0174.200412a.1273>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Собельман. *Введение в теорию атомных спектров*. М.: Наука, 1977
2. Райзер Ю.П. *Физика газового разряда*. М.Наука, 1987.
3. Eric Priest. *Magnetohydrodynamics of the Sun*. CUP, 2014
4. Markus Aschwanden. *Physics of the Solar Corona*. Springer, 2006

8.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины

1. www.sciencedirect.com – ведущая информационная платформа издательства Elsevier для ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов;
2. www.elibrary.ru – проект Научная электронная библиотека.
3. <http://scholar.google.com> – поиск с использованием Google Scholar.
4. SCOPUS (www.scopus.com)
4. <https://webofknowledge.com> - Web of Science на платформе Web of Knowledge.
5. Доступ к полным текстам патентов:
<http://ep.espacenet.com> – Европейское патентное ведомство;
<http://www.uspto.gov/main/siteearch.htm> – Американское патентное ведомство;
www.fips.ru – Российская библиографическая патентная база данных.
6. Полный список ресурсов приведен в ООП.

8.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
– Программные средства Microsoft Office.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- 1) Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным презентационным оборудованием;
- 2) Библиотека с читальным залом, книжный фонд которой составляет специализированная методическая и учебная литература, журналы.

10. Образовательные технологии.

Обучение по дисциплине ведется с применением как традиционных методов, так и с использованием инновационных подходов: активное участие аспирантов в научных семинарах, представление докладов на научные конференции, подготовка научных статей, подготовка презентаций по литературе и по теме диссертации, освоение новых средств автоматизации и компьютеризации выполняемых научных исследований.

Разработчик:

к.ф.-м.н.

Нариц А. А.