СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ (СРС) 5

1.1. Самостоятельная работа студентов без участия преподавателей 5

1.2. Самостоятельная работа студентов с участием преподавателей 5

1.3. Общие сведения об организации самостоятельной работы студентов 5

1.4. Усвоение лекционного материала 7

1.5. Подготовка к проведению лабораторной работы и оформление отчета 7

2. РЕФЕРАТ 8

2.1. Выбор темы 8

2.2. Общие требования к выполнению реферата 8

2.3. Содержание и объем 9

2.4. Оформление текста 10

2.5. Публичная защита реферата 11

2.6. Общие замечания и недочеты 12

ЛИТЕРАТУРА 13

Приложение 1. Выдержки из рабочей программы образовательного модуля «Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью» 14

Приложение 2. Темы рефератов 37

Приложение 3. Вопросы и задания для самостоятельной работы студента 40

Приложение 4. Вопросы для самопроверки: 44

Приложение 5. Примеры контрольных заданий и тестов 49

Приложение 6. Правила оформления графического материала и математических формул 55

Приложение 7. Образцы библиографических записей 57

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации составлены на основе государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования [1] с учётом специфики подготовки магистрантов по направлению «Фотоника и оптоинформатика», для образовательного модуля «Оптика наноструктур», модуль «Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью». По этой дисциплине предусматриваются следующие аудиторные занятия:

- лекции с применением компьютерных презентаций;
- лабораторные работы.

Учебная программа предусматривает два основных вида самостоятельной работы студентов (СРС) – аудиторную под руководством преподавателя и внеаудиторную (без участия преподавателей). В самостоятельную работу студентов (СРС) входит: усвоение лекционного материала на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.), подготовка к лабораторным работам и их оформление; подготовка и написание рефератов на заданные темы; выполнение научных исследований, подготовка к участию в научно-исследовательских конференциях.

1. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ (СРС)

1.1. Самостоятельная работа студентов без участия преподавателей

Основными видами самостоятельной работы студентов (СРС) без участия преподавателей являются:

- усвоение лекционного материала на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- подготовка к лабораторным работам, их оформление;
- подготовка и написание рефератов на заданные темы (студенту предоставляется право выбора темы);
- составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний; перевод научных статей; подбор и изучение литературных источников;
- выполнение научных исследований;
- подготовка к участию в научно-технических конференциях.

1.2. Самостоятельная работа студентов с участием преподавателей

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- получение допуска и защита лабораторных работ (во время проведения лабораторных работ);
- выбор темы реферата (в часы консультаций);
- выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, и консультирование);
- подготовка к участию в научно-технических конференциях (руководство и консультирование).

1.3. Общие сведения об организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов проводится в объемах, предусмотренных учебным планом, и регламентируется выдачей тем рефератов или научных докладов на лекционных и лабораторных занятиях с проверкой исполнения на последующих занятиях или консультациях. При выполнении рефератов руководство СРС осуществляется в форме консультаций.

Основное назначение методических рекомендаций – дать возможность каждому студенту перейти от деятельности, выполняемой под руководством преподавателя, к деятельности, организуемой самостоятельно, а также к полной замене контроля со стороны

преподавателя самоконтролем. Цель СРС – научить студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию.

В комплект учебно-методических материалов, используемых при самостоятельной работе студентов, входят:

- рабочая программа модуля (выдержки из программы приведены в Приложении 1);
- учебно-методическое пособие [2], методические рекомендации по лабораторному практикуму [3], методические рекомендации по выполнению СРС, комплект контрольных заданий и тестов, презентационный материал (электронные презентации), виртуальная лаборатория, электронный глоссарий, анимированные демонстрации, учебная литература;
- темы рефератов (Приложение 2);
- вопросы и задания для самостоятельной работы студентов (см. Приложение 1,3);
- вопросы для самопроверки (Приложение 4);
- примеры контрольных заданий и тестов (Приложение 5);
- методические рекомендации по организации самостоятельной работы при выполнении заданий по разным видам занятий.

Уровень знаний студента по данному модулю оценивается определенным количеством баллов (таблица 1).

Таблица 1. Оценка уровня знаний по образовательному модулю «Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью».

Форма контроля	**Максимальное количество баллов**
Защита лабораторных работ	50
Реферат	50
Тестирование	50
ИТОГО:	**150**

Для дополнительной оценки уровня усвоения знаний служит набор тестовых заданий (примеры контрольных заданий и тестов приведены в Приложении 5), ответы на которые требуют от студента не только воспроизведения знаний, но и понимания материала.

1.4. Усвоение лекционного материала

Рекомендуется после каждой лекции оформлять конспект лекций. Перед каждой лекцией прочитывать конспект предыдущей лекции, что способствует лучшему восприятию нового материала.

Рекомендованная преподавателями литература и учебные пособия (смотри список литературы в Приложении 1) служат информационной основой и позволяют регулярно занимающимся студентам усваивать лекционный материал. Для обеспечения терминологической однозначности учебное пособие содержит словарь основных терминов, используемых в нем. Кроме того, программа курса лекций содержит вопросы для самоконтроля.

1.5. Подготовка к проведению лабораторной работы и оформление отчета

Лабораторная работа включает самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирования эксперимента, изучение измерительных средств и приборов, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. При проведении лабораторного практикума необходимо:

- подготовиться к экспресс-опросу по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы (для получения допуска к лабораторной работе) с использованием руководства по выполнению лабораторных работ и рекомендованной литературы;
- подготовить и оформить план выполнения лабораторной работы;
- после выполнения лабораторной работы провести необходимые расчеты, выполнить анализ полученных данных и оформить отчет в соответствии с руководством по выполнению лабораторных работ;
- сдать отчет по выполненной лабораторной работе и ответить на вопросы преподавателя (получить зачет за выполненную работу).

Краткие теоретические сведения и порядок проведения лабораторных работ представлены в [3]. Правила оформления графического материала и математических формул приведены в Приложении 6.

2. РЕФЕРАТ

2.1. Выбор темы

В течение семестра студент должен оформить и защитить реферат. Целью выполнения реферата является формирование у студентов навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности. Задачи реферата состоят в систематизации, закреплении и расширении теоретических знаний, полученных на лекциях и лабораторных работах.

Реферат подготавливает студента к выполнению более сложной задачи – магистерской диссертации. Он приобщает студентов к самостоятельной творческой работе с литературой, приучает выделять в ней основные положения, относящиеся к избранной проблеме, подбирать, обрабатывать и анализировать конкретный материал и делать соответствующие выводы. Кроме того, студент привыкает четко, последовательно и грамотно излагать свои мысли при анализе теоретических проблем и учится творчески применять теорию, закрепляет навыки работы на компьютере в процессе поиска необходимой информации и оформлении работы.

Тему реферата студенты выбирают из списка, предложенного преподавателями. Примеры тем рефератов представлены в программе курса лекций (см. Приложение 2), однако выбранная тема может изменяться и дополняться в процессе работы. Студент также может предложить собственную тему, обосновав при этом целесообразность ее разработки, или уточнить редакцию предлагаемой темы с преподавателем. Кроме того, по согласованию с преподавателем вместо реферата студент может представить подготовленную к печати научную статью (например, обзор литературы по актуальной теме), тезисы доклада на научной конференции, перевод научных статей с краткой аннотацией, составленной самим студентом. Печатные работы не являются обязательными для всех студентов, но приветствуются и учитываются при защите реферата.

Рационально подбирать тему реферата таким образом, чтобы она вместе с магистерской диссертацией составляла единую систему последовательно усложняемых и взаимосвязанных работ. Например, реферат в последствии может быть использован при написании одной из глав магистерской диссертации. Реферат должен отвечать определенным требованиям (стандартам) по содержанию и оформлению.

2.2. Общие требования к выполнению реферата

Материал реферата должен излагаться логически последовательно и четко. Выполнение реферата целесообразно расчленить на 5 этапов:

1) выбор темы;
2) подбор и изучение литературы;
3) обработка материала;

4) написание реферата;
5) защита реферата.

После утверждения темы реферата, студент с помощью руководителя составляет первоначальный список литературы по выбранной теме, затем ведет самостоятельный поиск литературы в справочно-библиографическом отделе библиотеки, а также в сети Интернет. На основе проведенного поиска составляется уточненный список литературы, который в процессе работы над темой может изменяться и дополняться.

Для раскрытия содержания избранной темы студенту необходимо:

- изучить научные работы по данной проблеме (монографии, статьи);
- опираться на учебную литературу по данной дисциплине.

Начинать изучение темы лучше всего с чтения соответствующих разделов учебников. Затем следует переходить к чтению более сложного материала – общей и специальной литературы. Читая материал, надо стараться извлечь из него только такую информацию, которая необходима для работы. Во время чтения уясняются все незнакомые слова и термины. Для этого используются словари и справочники.

После проведения предварительной и, пожалуй, наиболее трудоемкой работы, можно переходить к написанию реферата.

2.3. Содержание и объем

Объем реферата зависит от сложности темы и доступности литературных источников. Как правило, объем реферата составляет 15–20 страниц (вместе с титульным листом и списком литературы).

Содержание

По содержанию реферат, в основном, представляет собой обзор, систематизацию и анализ публикаций по определенной тематике, связанной с изучаемой специальностью. Реферативный обзор включает следующие разделы:

- обоснование актуальности выбранной тематики и описание целей выполнения работы;
- систематизация и анализ материалов, найденных в научной печати, в сети Интернет и других источниках;
- выводы, предложения по использованию результатов работ в конкретных областях и возможные направления дальнейших исследований.

Реферат должен быть написан хорошим литературным языком. Язык, стиль изложения, умение строить краткие предложения, выражать свое мнение в понятной форме, не допускающей разночтений, имеют большое значение. Следует соблюдать единообразие в применении терминов, условных обозначений и сокращений слов. Чтобы избежать

стилистических ошибок, рекомендуется использовать современные издания словарей, справочников и энциклопедий.

***Структура реферата*:**

- титульный лист;
- введение;
- основное содержание;
- заключение;
- список литературы.

Начинать «Введение» целесообразно с постановки проблемы и обоснования выбора темы. Например, проблема привлекает внимание многих исследователей, требует прояснения и дополнения; обоснование выбора темы связано с ее актуальностью и не изученностью и т.д. Объем введения – не более 0,5–1 страницы.

В *основной части* непосредственно раскрывается проблема. При этом важно не только продемонстрировать существо вопроса, но и отразить особенности трактовок различных авторов.

Заключение содержит выводы, в которых поощряется самостоятельность суждений и оценок. Объем заключения не более 0,5–1 страницы.

Перечень использованной *литературы* следует оформлять в виде библиографического списка.

Приложения. Вспомогательные или дополнительные материалы, которые загромождают текст реферата, помещают в *приложении***.** Это могут быть иллюстрации, таблицы, графики и т.п. Приложения нумеруются. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы, в правом верхнем углу иметь надпись «Приложение» с указанием порядкового номера, затем в центре пишется заголовок. В тексте обязательно должна присутствовать ссылка на соответствующее приложение.

2.4. Оформление текста

Текст реферата оформляется в принятом для научных работ виде в соответствии с ГОСТ 2.105-95. Текст печатается на одной стороне бумаги формата А–4 в редакторе Microsoft word, шрифт Times New Roman, размером 14 через одинарный межстрочный интервал, с полями 2,5×2,5×2,5.

Нумерация страниц. Страницы работы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему документу. Титульный лист включается в общую нумерацию, но номер страницы на нем не проставляется. Иллюстрации, таблицы, графики, расположенные на отдельных листах, включаются в общую нумерацию страниц.

Титульный лист. На титульном листе указываются полное название университета, факультета, кафедры, темы реферата, а также фамилия автора, место и год написания. Тема должна быть указана без кавычек и без слова «тема». Формулировка темы должна быть по возможности краткой и соответствовать содержанию работы.

Список литературы оформляется согласно правилам оформления печатных работ. Список литературы является обязательной составной частью реферата и показывает умение применять на практике знания, полученные при изучении соответствующих учебных дисциплин. В него включаются библиографические сведения об *использованных* при подготовке работы источниках.

Составление списка – длительный процесс, начинающийся с момента определения темы работы.

В списке указываются использованные автором научные публикации, а также другие источники, в том числе электронные. На все перечисленные в списке источники в соответствующих местах работы должны быть сделаны ссылки (номер источника заключается в квадратные скобки). Рекомендуется использование литературы, изданной в последние 3–4 года. При чтении литературы необходимо сначала ориентироваться на фундаментальные работы (монографии и научные труды), затем дополнять свои знания за счет периодических изданий. Материал, необходимый для реферата, желательно конспектировать.

Рекомендуется представлять единый список литературы к работе в целом. В этом случае каждый источник упоминается в списке один раз, вне зависимости от того, как часто на него делается ссылка в тексте работы. Подробней правила оформления списка литературы приведены в Приложении 7.

2.5. Публичная защита реферата

Защита и оценка реферата – это подведение итогов самостоятельной работы студента по дисциплине. Защита проводится как на лабораторных занятиях и консультациях, так и во внеурочное время. При защите реферата студент учится не только правильно излагать свои мысли, но и аргументированно отстаивать и защищать выбранную тему и выдвигаемые положения. Продолжительность выступления 5–10 минут. На защите присутствуют студенты из группы и преподаватель. Во время защиты необходимо ответить на заданные вопросы.

2.6. Общие замечания и недочеты

Типичные ошибки, встречающиеся в студенческих рефератах:

1) *по содержанию*

- вместо кропотливой самостоятельной работы по изучению рекомендованной литературы дословно списывают текст из учебной литературы или научных статей;
- в работе используют устаревшую литературу;
- не формулируют выводы;

2) *по оформлению*

- отсутствует список литературы;
- список литературы не отвечает указанным в работе сноскам или сноски вообще отсутствуют;
- объем реферата мал (меньше 10 листов) или велик (больше 40 листов);
- в работе много орфографических ошибок, опечаток, описок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки НОН4 «Фотоника и оптоинформатика». Москва, 2000.
2. А.В. Баранов, Г.Н. Виноградова, Ю.М. Воронин, Г.М. Ермолаева, П.С. Парфенов, В.Б. Шилов. Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО., 2009. С. 186.
3. А.В. Баранов, Ю.М. Воронин, Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью. Лабораторный практикум. – СПб: ГУИТМО., 2009 – 40 с.

Приложение 1

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
образовательного модуля «Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью»

по направлению подготовки	«Фотоника и оптоинформатика»
по магистерской программе	«Оптика наноструктур»
факультет	фотоники и оптоинформатики

1. Организационно-методический раздел

1.1. Цель образовательного модуля

– подготовка специалистов, владеющих современными экспериментальными методами и техникой проведения научно-исследовательской работы в области физики и оптики систем с пониженной размерностью, в том числе единичных наноструктур и умением использовать эти знания при решении актуальных прикладных задач в области нанотехнологий, оптоэлектроники, биологии, медицины, машиностроении и т.д.

1.2. Учебные задачи модуля

– Получение студентами (магистрантами) набора знаний о методах и технике исследования и диагностики низкоразмерных объектов, включая оптическую, атомно-силовую и электронную микроскопию, спектроскопию поглощения света, люминесцентную спектроскопию и спектроскопию комбинационного рассеяния света, спектроскопию выжигания долгоживущих провалов в неоднородно уширенном контуре поглощения, а также разные методы измерения времен жизни электронных возбуждений. Получение сведений о перспективах развития наноиндустрии и использования нанообъектов в различных отраслях промышленности, в электронике, опто-информационных системах, в биологии, в медицине, в строительстве.

1.3. Место модуля среди других модулей учебного плана

Предлагаемый модуль опирается на знания, полученные ранее в рамках общего курса физики, курсов теоретической механики, электродинамики, технической физики, квантовой механики, квантовой электроники, электронных приборов, специальных курсов по фемтосекундной оптике и фемтотехнологиям, наноструктурам в электронике, опто-информационных системах, биологии и медицине, оптике наноструктур.

1.4. Методы преподавания модуля

- лекции с применением компьютерных презентаций;
- лабораторные работы;
- самостоятельная работа студентов, в которую входит усвоение лекционного материала на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы

(электронные учебники, электронные библиотеки и др.), подготовка к лабораторным работам и их оформление; подготовка и написание рефератов на заданные темы; выполнение научных исследований, подготовка к участию в научно-технических конференциях.

1.5. Требования к уровню освоения модуля

Предполагается получение набора знаний о методах и технике экспериментального исследования и диагностики низкоразмерных объектов.

Предполагается умение самостоятельно работать с учебной и научной литературой по всем вопросам, охватываемым программой модуля, планировать физические эксперименты по характеризации наноразмерных объектов с оптимальным набором аппаратуры, выполнять физические эксперименты с необходимой точностью измерений. Проводить качественные и количественные оценки параметров, характеризующих изученные в рамках данного модуля свойства наноструктур, проводить анализ полученных экспериментальных данных и делать обоснованные заключения о результатах исследования, в том числе и в виде докладов.

Должны быть приобретены навыки экспериментального исследования и получения количественных оценок параметров наноструктурированных материалов и единичных наноструктур при внешнем (электрическом, механическом, световом) воздействии и оптоэлектронных элементов на их основе этих материалов.

Совокупность полученных знаний, умений и навыков должна обеспечить способность:

1) дальнейшего изучения (в.т.ч., самостоятельного) более сложных современных вопросов экспериментальной физики и технологии наноструктур;
2) планировать физические эксперименты по определению топологических и оптических параметров наноразмерных объектов с оптимальным набором экспериментальной и аналитической аппаратуры,
3) самостоятельно выполнять измерения оптических, электрических и других характеристик наноструктурированных материалов и единичных наноструктур, анализировать результаты измерений и давать их физическую интерпретацию;
4) проводить сравнительную оценку самостоятельно полученных и имеющихся в литературе экспериментальных данных с использованием научно-технической литературы, электронной базы международного научного сообщества (сайты физических журналов, издательств, фондов, др.);
5) иметь представление о тенденциях применения светового воздействия на материалы в технологических процессах, об основных дисплейных

технологиях, о связи технических достижений в фотофизике наноструктурированных оптических материалов с совершенствованием приборов и устройств, используемых в твердотельной оптоэлектронике, нанофотонике, медицине и биологии.

2. Тематический план изучения модуля

Таблица 2.1. Аудиторная работа

№ темы	Наименование темы	Лекции	Лабораторные работы	Всего часов	Формы контроля
1	Общие представления о технике лазерной спектроскопии наноструктур	8		8	тестирование
2	Методы и техника экспериментального исследования параметров наноструктур	2		2	тестирование,
3	Методы и техника характеризации топологии наноструктур	4	4	8	тестирование, защита лабораторных работ
4	Оптическая спектроскопия квантовых наноструктур: абсорбционно-люминесцентные методы	4	4	8	тестирование, защита лабораторных работ
5	Оптическая спектроскопия наноструктур: линейное и нелинейное рассеяние света	4	4	8	тестирование, защита лабораторных работ
6	Методы и техника оптической микроскопии наноструктур	4	0	4	тестирование,
7	Оптические методы изучения динамики электронных возбуждений в наноструктурах	2	4	6	тестирование, защита лабораторных работ
8	Применение интерферометрических методов в наноструктурных технологиях	4		4	тестирование,
	ИТОГО:	32	16	48	**экзамен**

Таблица 2.2. Самостоятельная работа

№ темы	Наименование темы	Самостоятельная работа, часы/зач. ед.			
		Подготовка к лабораторным работам и их оформление	Подготовка и написание рефератов	Всего часов	Формы контроля
1	Общие представления о технике лазерной спектроскопии наноструктур	0	4	4	тестирование, реферат
2	Методы и техника экспериментального исследования параметров наноструктур	0	4	4	тестирование, реферат
3	Методы и техника характеризации топологии наноструктур	4	4	8	тестирование, реферат
4	Оптическая спектроскопия квантовых наноструктур: абсорбционно-люминесцентные методы	4	4	8	тестирование, реферат
5	Оптическая спектроскопия наноструктур: линейное и нелинейное рассеяние света	4	4	8	тестирование, реферат
6	Методы и техника оптической микроскопии наноструктур	0	4	4	тестирование, реферат
7	Оптические методы изучения динамики электронных возбуждений в наноструктурах	4	4	8	тестирование, реферат
8	Применение интерферометрических методов в наноструктурных технологиях	0	4	4	тестирование, реферат
	ИТОГО:	16	32	48	

3. Содержание образовательного модуля и рекомендации по его реализации

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ «ТЕХНИКА ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В СИСТЕМАХ С ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТЬЮ»

Тема 1. Общие представления о технике лазерной спектроскопии наноструктур (12 часов)

Цель и задачи темы

Получение студентами (магистрантами) набора знаний, умений и навыков в рамках программы данного раздела образовательного модуля. Подготовка к усвоению следующих, более сложных разделов.

Требования к уровню освоения темы

Освоение предусмотренных программой модуля теоретических знаний, понимание принципов проведения физических экспериментов по характеризации наноразмерных объектов с оптимальным набором аппаратуры и с необходимой точностью измерений.

Содержание темы (теоретический материал)

1. Основные современные методы измерений физических величин.

1.1. Основы современного количественного физического эксперимента.

1.2. Развитие техники и методов измерений физических величин и явлений. Место оптических методов в физических экспериментах.

1.3. Обработка и анализ экспериментальных данных. Понятие точности и наиболее вероятных искомых данных.

1.4. Современный парк лазерных источников и методы контроля их параметров.

2. Измерения параметров лазерного излучения.

2.1. Современный подход к измерениям параметров лазерного излучения.

3. Измерения линейных и нелинейных процессов.

3.1. Понятия о линейных и нелинейных процессах. Виды нелинейных процессов.

3.2. Нелинейное поглощение, роль когерентности в динамике поглощения и люминесцентного отклика атомно-молекулярных систем и наноструктур при интенсивной лазерной накачке.

3.3. Модельный эксперимент, подход к обработке данных и их анализу.

4. Особенности кинетических измерений со сверхвысоким разрешением во времени.

4.1. Кривая Шапиро. Сверхкороткие лазерные импульсы и методы их получения. Синхронизация мод и каскадная компрессия.

4.2. Техника контроля параметров сверхкоротких импульсов и измерения отклика исследуемых систем.

4.3. Базовые методические и схемные решения. Рассмотрение и анализ модельного эксперимента.

Формы и критерии оценивания результатов обучения

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Тестирование	**50**
Реферат	**50**
ИТОГО:	**100**

Литература
Базовое УМП: Гл.1–4
Основная литература: [1–4]
Дополнительная литература: [1–16]

Тема 2. Методы и техника экспериментального исследования параметров наноструктур (12 часов)

Цель и задачи темы

Получение студентами (магистрантами) набора знаний, умений и навыков в рамках программы данного раздела образовательного модуля. Подготовка к усвоению следующих, более сложных разделов.

Требования к уровню освоения темы

Освоение предусмотренных программой модуля теоретических знаний, понимание принципов проведения физических экспериментов по характеризации наноразмерных объектов с оптимальным набором аппаратуры и с необходимой точностью измерений.

Содержание темы (теоретический материал)

5. Общие понятия о физических основах и приборной реализации современных методов и техники экспериментального исследования параметров наноструктур.
5.1. Основные методы определения размера, формы и взаимного расположения единичных наноструктур.
5.2. Методы оптической характеризации химического состава, строения и внутренних напряжений в наноструктурах.

5.3. Особенности методов исследования электронно-колебательной энергетической структуры нанокристаллов.
5.4. Оптические методы анализа динамики электронных возбуждений в наноструктурах.

Формы и критерии оценивания результатов обучения

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Тестирование	**50**
Реферат	**50**
ИТОГО:	**100**

Литература
Базовое УМП: Гл.5.
Основная литература: [5,6]
Дополнительная литература: [17–24]
Интернет-ресурсы: [1–12]

Тема 3. Методы и техника характеризации топологии наноструктур (16 часов)

Цель и задачи темы

Получение студентами (магистрантами) набора знаний, умений и навыков в рамках программы данного раздела образовательного модуля. Подготовка к усвоению следующих, более сложных разделов.

Требования к уровню освоения темы

Освоение предусмотренных программой модуля теоретических знаний, понимание принципов проведения физических экспериментов по характеризации наноразмерных объектов с оптимальным набором аппаратуры и с необходимой точностью измерений, умение проводить анализ полученных экспериментальных данных

Содержание темы (теоретический материал)

6. Электронная микроскопия наноструктур.
6.1. Просвечивающая электронная микроскопия. Принципиальная схема и конструктивные особенности просвечивающего электронного микроскопа.
6.2. Прямые методы исследования. Пленка-подложка. Исследование дисперсных объектов.
6.3. Исследование процессов зарождения и роста тонких пленок.
6.4. Исследование нанорельефа массивных образцов в просвечивающем электронном микроскопе.
6.5. Исследование кристаллической структуры образцов методом дифракции электронов в ПЭМ.

6.6. Сканирующая электронная микроскопия. Формирование изображения в сканирующем электронном микроскопе.
6.7. Электронно-зондовый рентгеноспектральный химический анализ нанообъектов.
7. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия нанообъектов
7.1. Сканирующая туннельная микроскопия.
7.2. Атомно-силовая микроскопия нанообъектов.

Лабораторный практикум

№ п/п	Разделы темы	Наименование лабораторных работ
1	Методы и техника характеризации топологии наноструктур	Просвечивающий электронный микроскоп.

Формы и критерии оценивания результатов обучения

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Тестирование	**50**
Защита лабораторных работ	**50**
Реферат	**50**
ИТОГО:	**150**

Литература
Базовые УМП: [1. Гл.6–7; 2. Раздел 1]
Основная литература: [7,8]
Дополнительная литература: [25–29]
Интернет-ресурсы: [13–23].

Тема 4. Оптическая спектроскопия квантовых наноструктур: абсорбционно-люминесцентные методы (16 час)

Цель и задачи темы

Получение студентами (магистрантами) набора знаний, умений и навыков в рамках программы данного раздела образовательного модуля. Подготовка к усвоению следующих, более сложных разделов.

Требования к уровню освоения темы

Освоение предусмотренных программой модуля теоретических знаний, понимание принципов проведения физических экспериментов по характеризации наноразмерных объектов с оптимальным набором аппаратуры и с необходимой точностью измерений, умение проводить анализ полученных экспериментальных данных.

Содержание темы (теоретический материал)

8. Оптическая спектроскопия квантовых наноструктур: энергетическая электронная структура.
8.1. Абсорбционные методы.
8.2. Фотолюминесценция.
9. Оптическая спектроскопия квантовых наноструктур: выжигание долгоживущих спектральных провалов.
9.1. Выжигание долгоживущих спектральных провалов в неоднородно уширенном спектре поглощения наноструктур.

Лабораторный практикум

№ п/п	Разделы темы	Наименование лабораторных работ
1	Оптическая спектроскопия квантовых наноструктур: абсорбционно-люминесцентные методы	Размерные эффекты в спектрах люминесценции полупроводниковых квантовых точек

Формы и критерии оценивания результатов обучения

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Тестирование	**50**
Защита лабораторных работ	**50**
Реферат	**50**
ИТОГО:	**150**

Литература
Базовые УМП: [1. Гл. 8–9; 2. Раздел 2]
Основная литература: [9,10]
Дополнительная литература: [30–41]

Тема 5. Оптическая спектроскопия наноструктур: линейное и нелинейное рассеяние света. (12 час)

Цель и задачи темы

Получение студентами (магистрантами) набора знаний, умений и навыков в рамках программы данного раздела образовательного модуля. Подготовка к усвоению следующих, более сложных разделов.

Требования к уровню освоения темы

Освоение предусмотренных программой модуля теоретических знаний, понимание принципов проведения физических экспериментов по характеризации наноразмерных объектов с оптимальным набором аппаратуры и с необходимой точностью измерений, умение проводить анализ полученных экспериментальных данных.

Содержание темы (теоретический материал)

10. Оптическая спектроскопия наноструктур: комбинационное рассеяние света (рамановское рассеяние).

10.1. Физические основы комбинационного рассеяния света (КР).

10.2. Спектры возбуждения РКР и их использование для изучения электронной структуры квантовых нанокристаллов.

10.3. Особенности фононного спектра нанокристаллов.

10.4. Низкочастотное КР: определение размеров нанокристаллов.

10.5. Гигантское КР света – реализация усиления локальных оптических полей вблизи металлических наночастиц.

11. Оптическая спектроскопия наноструктур: двухфотонно возбуждаемая люминесценция и резонансное гиперкомбинационное рассеяние

11.1. Методы и техника двухфотонно возбуждаемого вторичного свечения.

11.2. Резонансное гиперкомбинационное рассеяние (РГКР) и ее возможности при исследовании квантовых точек.

Лабораторный практикум

№ п/п	Разделы темы	Наименование лабораторных работ
1	Оптическая спектроскопия наноструктур: линейное и нелинейное рассеяние света	Определение энергетического спектра оптических фононов в нанокристаллах CdSSe методом спектроскопии микро-КР

Формы и критерии оценивания результатов обучения

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Собеседование	**50**
Защита лабораторных работ	**50**
Реферат	**50**
ИТОГО:	**150**

Литература

Базовые УМП: [1. Гл.10–11; 2. Раздел 3]

Основная литература: [11,12]

Дополнительная литература: [42–51]

Интернет-ресурсы: [24–28]

Тема 6. Методы и техника оптической микроскопии наноструктур (8 час)

Цель и задачи темы

Получение студентами (магистрантами) набора знаний, умений и навыков в рамках программы данного раздела образовательного модуля. Подготовка к усвоению следующих, более сложных разделов.

Требования к уровню освоения темы

Освоение предусмотренных программой модуля теоретических знаний, понимание принципов проведения физических экспериментов по характеризации наноразмерных объектов с оптимальным набором аппаратуры и с необходимой точностью измерений.

Содержание темы (теоретический материал)

12. Методы люминесцентной микроскопии и микроскопии КР.
12.1. Введение в оптическую микроскопию.
12.2. Методы оптической микроскопии.
12.3. Принципы люминесцентной микроскопии.
12.4. Конфокальная люминесцентная микроскопия.
12.5. Микроспектрофлуориметры и техника микроскопии КР.
13. Ближнепольная оптическая спектроскопия наноструктур.
13.1. Физические основы ближнепольной сканирующей оптической микроскопии (БСОМ).
13.2. Апертурные методы БСОМ.
13.3. Примеры использования апертурной БСОМ для люминесцентной спектроскопии с субдифракционным пространственным разрешением.
13.4. Безапертурные методы БСОМ.
13.5. Безапертурная БСОМ.

Формы и критерии оценивания результатов обучения

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Собеседование	**50**
Реферат	**50**
ИТОГО:	**100**

Литература

Базовые УМП: [1. Гл. 12,13]
Основная литература: [13–15]
Дополнительная литература: [52–62]
Интернет-ресурсы: [29–36]

Тема 7. Оптические методы изучения динамики электронных возбуждений в наноструктурах (14 час)

Цель и задачи темы

Получение студентами (магистрантами) набора знаний, умений и навыков в рамках программы данного раздела образовательного модуля. Подготовка к усвоению следующих, более сложных разделов.

Требования к уровню освоения темы

Освоение предусмотренных программой модуля теоретических знаний, понимание принципов проведения физических экспериментов по характеризации наноразмерных объектов с оптимальным набором аппаратуры и с необходимой точностью измерений, умение проводить анализ полученных экспериментальных данных.

Содержание темы (теоретический материал)

14. Оптические методы и техника изучения динамики электронных возбуждений в наноструктурах.
14.1. Иерархия характерных времен эволюции возбуждений в полупроводниковых структурах.
14.2. Метод синхронного детектирования в регистрации оптических откликов.
14.3. Техника коррелированного счета одиночных фотонов.
14.4. Стрик-камера: прямые измерения кинетики люминесценции.
14.5. Техника ап-конверсии.
14.6. Метод накачка-зондирование.

Лабораторный практикум

№ п/п	Разделы темы	Наименование лабораторных работ
1	Оптические методы изучения динамики электронных возбуждений в наноструктурах	Измерения времен энергетической релаксации электронных возбуждений квантовых наноструктур

Формы и критерии оценивания результатов обучения

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Тестирование	**50**
Защита лабораторных работ	**50**
Реферат	**50**
ИТОГО:	**150**

Литература

Базовые УМП: [1. Гл. 14; 2. Раздел 4]
Основная литература: [16, 17]
Дополнительная литература: [63,64]
Интернет-ресурсы: [37–40]

Тема 8. Применение интерферометрических методов в наноструктурных технологиях (8 часов)

Цель и задачи темы

Получение студентами (магистрантами) набора знаний, умений и навыков в рамках программы данного раздела образовательного модуля. Подготовка к усвоению следующих, более сложных разделов.

Требования к уровню освоения темы

Усвоение предусмотренных программой модуля теоретических знаний, понимание принципов проведения физических экспериментов по характеризации наноразмерных объектов с оптимальным набором аппаратуры и с необходимой точностью измерений, умение проводить анализ полученных экспериментальных данных.

Содержание темы (теоретический материал)

15. Применение интерферометрических методов в наноструктурных технологиях.
15.1. Интерферометрическая литография в наноструктурных технологиях.
16. Реализация узкополосного оптического фильтра Фабри-Перо на базе трехслойной наноструктуры.
16.1. Интерференционные явления в многослойных пленочных наноструктрах.
16.2. Элементы теории проектирования просветляющих покрытий.
16.3. Фильтр Фабри-Перо на основе сильно поглощающей трехслойной наноструктуры.

Формы и критерии оценивания результатов обучения

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Тестирование	**50**
Реферат	**50**
ИТОГО:	**100**

Литература

Базовые УМП: [1. Гл. 15–16]
Основная литература: [16, 17]
Дополнительная литература: [65]
Интернет-ресурсы: [41–43]

4. Учебно-методическое обеспечение модуля

4.1. Литература

Базовый учебник.

В настоящее время отсутствует учебник, охватывающие все или большинство вопросов, изучаемых в рамках образовательного модуля «Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью».

Базовые учебно-методические пособия

1. А.В. Баранов, Г.Н. Виноградова, Ю.М. Воронин, Г.М. Ермолаева, П.С. Парфенов, В.Б. Шилов. Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО., 2009. С. 186.
2. А.В. Баранов, Ю.М. Воронин, Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью. Лабораторный практикум. – СПб: ГУИТМО., 2009. – 40 с.

Основная литература

1. *Сверхкороткие световые импульсы*. Под редакцией С. Шапиро. – М.: Мир. 1981. – 456 с.
2. Г. Хирд, *Измерения лазерных параметров*: Пер. с англ. – М.: Мир. 1970. – 287 с.
3. Й. Херман, Б. Вильгельми. *Лазеры сверхкоротких световых импульсов*: Пер. с англ. – М.: Мир. 1986, 368 с.
4. В.С. Летохов, В.П. Чеботаев. *Принципы нелинейной спектроскопии.* – М.: Наука. 1975. – 432 с.
5. *Hitachi High-technologies*. Режим доступа: http://www.hitachi-hitec.com/global/, свободный.
6. *Гигантское комбинационное рассеяние*: Пер. с англ./Под ред. Р. Ченга, Т. Фуртака.– М.: Мир, 1984. – 408 с.
7. Дж. Спенс. *Экспериментальная электронная микроскопия высокого разрешения*. – М.: Наука. 1986. 320 с.
8. И.В. Яминский. *Зондовая микроскопия*. Режим доступа: http://www.nanoscopy.org/E_Book.html, свободный.
9. А.В. Федоров, А.В. Баранов. Оптика квантовых точек. В кн.: *Оптика наноструктур*. Под ред. А.В. Федорова: – СПб. Недра, 2005. с. 181.
10. Дж.Д. Смолл. Нефотохимическое выжигание стабильных провалов и дефазировка примесных электронных переходов в органических стеклах. В кн. *Спектроскопия и динамика возбуждений в конденсированных молекулярных системах*. Под ред. В.М. Аграновича и Р.М. Хохштрассера. – М.: Наука, 1987. С. 316–340.

11. М. Кардона. Резонансные явления. В кн.: *Рассеяние света в твердых телах*. Вып.II: Пер. с англ./Под ред. М. Кардоны и Г. Гюнтеродта. – М.: Мир. 1984, с. 35.
12. А.В. Баранов, Я.С. Бобович, В.И. Петров. *Спектроскопия резонансного гиперкомбинационного рассеяния света*. УФН. 1990. Т. 160. С. 35–72.
13. Г.Е. Скворцов, В.А. Панов, Н.И. Поляков, Л.А. Федин. *Микроскопы*. – Л.: Машиностроение, 1969. – 511 с.
14. S. Nathan. *LSCM*, Режим доступа: http://www.olympusfluoview.com/theory/LSCMIntro.pdf, свободный.
15. *БСОМ*. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Near-field_scanning_optical_microscope, свободный.
16. J. Shah. *Ultrafast Spectroscopy of Semiconductors and Semiconductor Nanostructures*. Springer Series in Solid-State Science, 115. Springer, new York, 1996, – 372 p.
17. В. Демтредер. *Лазерная спектроскопия: Основные принципы и техника эксперимента*. Пер. с англ./Под ред. И.И. Собельмана. –М.: Наука. 1985. -608 с.
18. Дж. Гудмен. *Введение в фурье-оптику*: Пер. с англ. – Мир,1978. – 354 с.

Дополнительная литература

1. Galileo Galilei , *Dialogues Concerning Tow New Sciences*, ed. by Crew H. de Selvio a. Northwestern University Press, Evanston, iii, 1950.
2. C. Wheatstone. *On the Prismatic Decomposition of Electric Light*. Phil. Trans. 1834. P. 585.
3. Faucault L. Compt. Rend. 1850. V. 30. P. 551.
4. *Сверхкороткие световые импульсы*. Под редакцией С. Шапиро. – М.: Мир. 1981. – 456 с.
5. Г. Хирд, *Измерения лазерных параметров*: Пер. с англ. – М.: Мир. 1970. – 287 с.
6. Б.С. Непорент, В.Б. Шилов. *Пикосекундный универсальный лазерный спектрометр «ПУЛС»* . Известия АН СССР, сер. физ. 1987. Т.51. С. 1300–1308.
7. B.S. Neporent, V.B.Shilov. *Picosecond universal laser spectrometer (PULS)*. Ultrafast Phenomena in Spectroscopy. World Scientific. Singapore, 1988, p.111–116.
8. М. Франсон, С. Сланский. *Когерентность в оптике*. – М.: Наука. 1967.
9. *Параметрические генераторы света*. Под ред. А. Пискарскаса, «Мокслас», Вильнюс. 1983. 325 с.
10. Й. Херман, Б. Вильгельми. *Лазеры сверхкоротких световых импульсов*: Пер. с англ. –М.: Мир. 1986, 368 с.
11. В.С. Летохов, В.П. Чеботаев. П*ринципы нелинейной спектроскопии*. – М.: Наука. 1975. – 432 с.

12. В.А. Смирнов, Г.М. Ермолаева, В.Б. Шилов. *Динамика поглощения и излучения концентрированных оптических ансамблей при лазерном возбуждении.*/ Опт. и спектр. 2002. Т.92. С. 923–930.
13. Г.М. Ермолаева, Е.Г. Грегг, В.А. Смирнов, В.Б. Шилов. *К вопросу об аномальной флуоресценции ансамблей оптических центров в поле интенсивной лазерной накачки*. Опт. и спектр. 1998. Т. 84. С. 393–397.
14. М.В. Грязнова, В.В. Данилов, Г.М. Ермолаева, В.Б. Шилов. *Особенности кинетики оптического ограничения в фуллереносодержащих растворах в условиях фотопереноса электрона*. Оптич. Журнал. 2003. Т.70. С. 70–71.
15. G.M. Ermolaeva, M.A. Eron'yan, K.V. Dukel'skii, A.V. Komarov, Yu.N. Kondratev, M.M. Serkov, M.N. Tolstoy, V.B. Shilov, V.S. Shevandin, H.T. Powell, C.E. Thompson. *Low-dispersion optical fiber highly transparent in the UV spectral range*. Optical Enqineerinq. 2004. V. 43. P. 2896–2903.
16. I.O. Starobogatov, A.G. Belayev, B.S. Neporent, S.D. Nikolaev, V.B. Shilov, D.I. Staselko, S.V. Vinogradov. *Picosecond kinetics of electronic stage of latent image in holographic silver halogenide emulsions.Ultrafast Phenomena in Spectroscopy*. World Scientific. Singapore, 1988, p.351–358.
17. *Гигантское комбинационное рассеяние*: Пер. с англ./Под ред. Р. Ченга, Т. Фуртака. – М.: Мир, 1984. – 408 с.
18. S. Raymond**,** S. Fafard**,** P.J. Poole**,** A. Wojs**,** P. Hawrylak**,** S. Charbonneau**,** R. Leon**,** D. Leonard**,** P.M. Petroff**,** J.L. Merz. *State-filling and time-resolved photoluminescence of excited states in InGaAs/GaAs self-assembled quantum dots*. Phys. Rev. B. 1996. 54. P. 11548–11557.
19. А.В. Федоров, С.Ю. Кручинин. *Акустические фононы в системе «квантовые точки – матрица»: спектроскопия выжигания провалов*. Опт. и спектр. 2004. Т. 97. С. 394-402.
20. M. Nirmal, C. B. Murray, and M. G. Bawendi. *Fluorescence-line narrowing in CdSe quantum dots: Surface localization of the photogenerated exciton.* Phys. Rev. B. 1994. V. 50. P. 2293-3000.
21. O'Connor D.V., Phillips D. *Time-Correlated Single Photon Counting*, London. Academic Press. 1984. -512 p.
22. G. Orr, D. G. Steel, D. Gammon, and D. S. Katzer. *Near-Field Coherent Spectroscopy and Microscopy of a Quantum. Dot system,* Science. 2001. V. 293, P. 2224–2228.
23. Э.А. Маныкин, В.В. Самарцев. *Оптическая эхо-спектроскопия.* – М.: Наука, 1984. – 272 с.
24. R. Kuribayashi, K. Inoue, K. Sakoda, V. A. Tsekhomski, and A.V. Baranov. *Long phase-relaxation time in CuCl quantum dots: Four-wave-mixing signals analogous to dye molecules in polymers.* Phys. Rev. B. 1998. V. 57, R15084- R15087.

25. П. Хокс. *Электронная оптика и электронная микроскопия*. – М.: Мир. 1974. 318 с.
25. Р. Хейденрайх. *Основы просвечивающей электронной микроскопии*. – М.: Мир. 1966. 471 с.
27. Г. Томас, М.Дж. Гориндж. *Просвечивающая электронная микроскопия.* – М.: Наука. 1983. 316 с.
28. Г. Шиммель. *Методика электронной микроскопии.* – М.: Мир. 1972. 299 с.
29. Ch.Bai. *Scanning Tunneling Microscopy and its Application*. Berlin: Springer-Verlag. 1995, – 331 p.
30 M. T. Harrison, S. V. Kershaw, M. G. Burt, A. L. Rogach, A. Kornowski, A. Eychmuller, H. Weller. *Colloidally Prepared CdHgTe and HgTe Quantum Dots with Strong Near-Infrared Luminescence.* Pure Appl. Chem. 2000. V. 72, P. 295–301.
31. Эфрос Ал.Л., Эфрос А.Л. *Межзонное поглощение света в полупроводниковом шаре*. ФТП. 1982. Т. 16, С. 1209–1214.
32. A.I. Ekimov. *Optical Properties of Semiconductor Quantum Dots in Glass Matrix.* Physica Scripta. 1991. V. 39. P. 217–222.
33. S. Raymond**,** S. Fafard**,** P.J. Poole**,** A. Wojs**,** P. Hawrylak**,** S. Charbonneau**,** R. Leon**,** D. Leonard**,** P.M. Petroff**,** J.L. Merz. *State-filling and time-resolved photoluminescence of excited states in InGaAs/GaAs self-assembled quantum dots*. Phys. Rev. B. 1996. 54. P. 11548-11557.
34. D. J. Norris, M. G. Bawendi. *Measurement and assignment of the size-dependent optical spectrum in CdSe quantum dots.* Phys. Rew. B. 1996. V. 53. P. 16338–16345.
35. И.С. Осадько. *Лазерная селективная спектроскопия полимеров и стекол*. Соросовский образовательный журнал. 1999. №1. С. 92–97.
36. Дж.Д. Смолл. Нефотохимическое выжигание стабильных провалов и дефазировка примесных электронных переходов в органических стеклах. В кн. *Спектроскопия и динамика возбуждений в конденсированных молекулярных системах*. Под ред. В.М. Аграновича и Р.М. Хохштрассера. -М.: Наука, 1987. С. 316–340.
37. Y. Masumoto. Persistent Spectral hole burning in semiconductor quantum dots. In: *Semiconductor Quantum Dots: Physics, Spectroscopy and Applications*. Ed. by Y. Masumoto and T. Takagahara (Springer-Verlag**,** Berlin Heidelberg New York Tokyo, 2002). P. 209-244.
38. Celso de Mello Donegá, P. Liljeroth, D. Vanmaekelbergh. *Physicochemical Evaluation of the Hot-Injection Method, a Synthesis Route for Monodisperse Nanocrystals* . Small. 2005. V. 1, P. 1152–1162.
39. АА.И. Екимов, А.А. Онущенко. *Квантовый размерный эффект в оптических спектрах полупроводниковых микрокристаллов*. Физика и техника полупроводников. 1982. Т. 16. С. 1215–1219.

40. С.Ю. Кручинин, А.В. Федоров. *Перенормировка энергетического спектра квантовых точек в условиях колебательного резонанса: спектроскопия выжигания долгоживущих провалов.* Опт. и спектр. 2006. Т. 100. С. 47–55.
41. А.В. Федоров, С.Ю. Кручинин. *Акустические фононы в системе «квантовые точки -матрица»: спектроскопия выжигания провалов.* Опт. и спектр. 2004. т, 97. С. 420–427.

К главе 10.

42. Г.Р. Уилкинсон. Спектры комбинационного рассеяния ионных, ковалентных и металлических кристаллов. В кн.: *Применение спектров комбинационного рассеяния*. Пер. с англ./Под ред. А. Андерсона. – М.: Мир. 1977, с. 408.
43. R. Loudon. *Raman Effect in Crystals.* Advances in Physics. 13(52), 423–482 (1964).
44. Р.М. Мартин, Л.М. Фаликов. Резонансное комбинационное рассеяние света. В кн.: *Рассеяние света в твердых телах*. Пер. с англ./Под ред. М. Кардоны и Г. Гюнтеродта. – М.: Мир. 1984, с. 101.
45. A.B. Myers, R.A. Mathies. Resonance Raman Intensities: A Probe of Excited-State Structure and Dynamics. In: *Biological Application of Raman Spectroscopy*. Ed. By T.G. Spiro. Vol.2, New York, Wiley&Sons, 1987, pp. 1–58.
46. М.М. Сущинский. *Спектры комбинационного рассеяния молекул и кристаллов.* -М.: Наука, 1969, -576 с.
47. A.V. Fedorov, A.V. Baranov, K. Inoue. *Exciton-phonon coupling in semiconductor quantum dots: resonant Raman scattering*. Phys. Rev. B. 1997. V. 56. P. 7491–7502.
48. A.V. Baranov, Ya.S. Bobovich, V.I. Petrov. *Evidence of quantum-size effect and electron-phonon interaction in resonance Raman scattering spectra of semiconductor nanocrystals*. J.Ram.Spectrosc. 1993. V. 24. P. 767–773.
49. A.V. Baranov, Yu.P. Rakovich, J.F. Donegan, T.S. Perova, R.A. Moore, D.V. Talapin, A.L. Rogach, Y. Masumoto, I. Nabiev. *Effect of ZnS shell thickness on the phonon spectra in CdSe quantum dots.* Phys. Rev. B. 2003. V. 68. P. 165306.
50. Z. Sunu, J.R. Shi, B.K. Tay, S.P. Lau. *UV Raman characteristics of nanocrystalline diamond films with different grain size*. Diamond and Related Materials.2000. V. 9. P. 1979–1986.
51. A.V. Baranov. Resonant two-photon spectroscopy of quantum dots. In: *Semiconductor Quantum Dots - Physics, Spectroscopy and Application*, ed. by Y. Masumoto and T. Takagahara (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 2002).
52. A. Sukhanova, A.V. Baranov, T.S. Perova, J.H.M. Cohen, and I. Nabiev. *Controlled Self-Assembly of Nanocrystals into Polycrystalline Fluorescent*

Dendrites with Energy-Transfer Properties. Angew. Chemie Int. Ed. 2006. V. 45. P. 2048–2052.
53. A. Sukhanova, A.V. Baranov, D. Klinov, V. Oleinikov, K. Berwick, J.H.M. Cohen, M. Pluot, I. Nabiev. *Self-assembly of charged microclusters of CdSe/ZnS core/shell nanodots and nanorods into hierarchically ordered colloidal arrays*. Nanotechnology. 2006. V. 17. P. 4223–4228.
55. К. Михель. *Основы теории микроскопа*. -М.: ГИ технико-теоретической литературы, 1955. – 270 с.
56. Л.А. Федин, И.Я. Барский. *Микрофотография.* -Л.: Наука, 1971. 220 с.
57. Ю.В.Ченцов. *Лазерный сканирующий конфокальный микроскоп*. Оптический журнал. 1994. Т. 12. С.18–26.
58. LSM 510 and LSM 510 META. Laser Scanning Microscopes. Operating Manual. Release 3.2.
59. E.H. Synge. *A suggested method for extending the microscopic resolution into the ultramicroscopic region*. Phil. Mag. 1928. V. 6. P. 356-366.
60. D.W. Pohl, W. Denk, and M. Lanz. *Optical stethoscopy: image recording with resolution λ/20.* Appl. Phys. Lett. 1984. V. 44. P. 651–653.
61. S. Nie and S.R. Emory. *Probing single molecules and single nanoparticles by surface-enhanced. Raman scattering*. Science. 1997. V. 275. P. 1102–1108.
62. H. Watanabe, Y. Ishida, N. Hayazawa, Y. Inouye, and S. Kawata. *Tip-enhanced near-field Raman analysis of tip-pressurized adenine molecule*. Phys. Rev. B. 2004. V. 69. P. 155418.
63 J. Shah. *Ultrafast Spectroscopy of Semiconductors and Semiconductor Nanostructures*. Springer Series in Solid-State Science, 115. Springer, new York, 1996, – 372 p.
64. D.V.O'Connor, D. Phillips, *Time-Correlated Single Photon Counting*, Academic Press, London, 1984. – 372 p.
65. А.А. Денисов, В.Н. Гриднев. Разработка трехслойной конструкции интерференционного фильтра Фабри-Перо высокого разрешения. *Современные проблемы радиоэлектроники.* Под ред.: А.И. Громыко, А.В. Сарафанов. – М.: «Радио и связь», 2006, с. 171–174;

4.2. Рекомендации по использованию Интернет-ресурсов и других электронных информационных источников

1. *Hitachi High-technologies*. Режим доступа: http://www.hitachi-hitec.com/global/, свободный.
2. И.В. Яминский. *Зондовая микроскопия*. Режим доступа: http://www.nanoscopy.org/E_Book.html, свободный.
3. S. Nathan. *LSCM*, Режим доступа: http://www.olympusfluoview.com/theory/LSCMIntro.pdf, свободный.

4. *БСОМ*. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Near-field_scanning_optical_microscope, свободный.
5. HRTEM. Режим доступа: http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/def_en/kap_6/backbone/r6_3_4.html, свободный.
6. JEOL. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/JEOL, свободный.
7. Hitachi High-technologies. Режим доступа: http://www.hitachi-hitec.com/global/, свободный.
8. FEI Company. Режим доступа: http://www.fei.com/, свободный.
9. Carl Zeiss. Режим доступа: http://www.smt.zeiss.com/nts, свободный.
10. Стрик-камера. Режим доступа: http://www.lns.cornell.edu/public/CBN/2001/CBN01-2/cbn01-2.pdf, свободный.
11. Метод накачка-зондирование. Режим доступа: http://www.andor.com/learn/applications/?docID=215, свободный.
12. Ап-конверсия. Режим доступа:http://www.rp-photonics.com/upconversion.html, свободный.
13. СЗМ. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Scanning_probe_microscopy, свободный.
14. СТМ. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Scanning_tunneling_microscope, свободный.
15. Р.З. Бахтизин. *Туннельная микроскопия.* Соросовский образовательный журнал, № 11. 2000 г. Режим доступа: http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1182775&s, свободный.
16. R. Schaefer. *Design and construction of a scanning tunneling microscope*. Carnegie Mellon, 1989. Режим доступа: http://www.ece.cmu.edu/research/publications/1989/CMU-ECE-1989-028.pdf, свободный.
17. СТМ. Режим доступа: http://www.all4medicine.ru/?Skaniruyushii_tunnelmznyi_mikroskop, свободный.
18. СЗМ методики. Режим доступа: http://ntmdt.ru/SPM-Techniques/index.html, свободный.
19. И.В. Яминский. *Зондовая микроскопия*. Режим доступа: http://www.nanoscopy.org/E_Book.html, свободный.
20. АСМ Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_force_microscope, свободный.
21. АСМ Режим доступа: http://www.nanoscopy.org/tutorial/Afm/afm.htm, свободный.
22. АСМ. Режим доступа: http://www.pacificnano.com/files/img_13_1068824016_0.pdf, свободный.

23. К. Кузнецов. *IBM на пути к титулу Nanoconstruction Company*. Компьютерное обозрение, 11(628). Режим доступа: http://ko-online.com.ua/node/35024, свободный.
24. Лазеры. Режим доступа: http://www.newport.com/3900S-CW-Tunable-Ti-sapphire-Laser/368139/1033/catalog.aspx, свободный.
25. Лазеры. Режим доступа: http://www.sciner.com/CDP/cwtis.htm, свободный
26. Спектрометр КР. Режим доступа: http://www.jobinyvon.com/Raman-Research-U1000, свободный.
27. Спектрометры. Режим доступа: http://www.microphotondevices.com/, свободный.
28. ГКР. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Surface_Enhanced_Raman_Spectroscopy, свободный.
29. Оптическая микроскопия. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Microscopy, свободный.
30. Люминесцентная микроскопия. Режим доступа: http://micro.magnet.fsu.edu, свободный.
31. S. Nathan. *LSCM*, Режим доступа: http://www.olympusfluoview.com/theory/LSCMIntro.pdf, свободный.
32. Спектрометр.микро-КР. Режим доступа: http://www.renishaw.com/en/6150.aspx, свободный.
33. Спектрометр.микро-КР. Режим доступа: http://www.jobinyvon.com/Raman/Microscope-LabRAMHR, свободный.
34. БСОМ. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Near-field_scanning_optical_microscope, свободный.
35. БСОМ. Режим доступа: http://www.renishaw.com, свободный.
36. БСОМ. Режим доступа: http://www.ntmdt.ru/device/ntegra-spectra, свободный.
37. Стрик-камера. Режим доступа: http://jp.hamamatsu.com/resources/products/sys/pdf/eng/e_streakh.pdf, свободный.
38. Метод накачка-зондирование. Режим доступа: http://www.andor.com/learn/applications/?docID=215, свободный.
39. Ап-колнверсия. Режим доступа: http://www.rp-photonics.com/upconversion.html, свободный.
40. MicroTime100. Режим доступа: http://www.picoquant.com/getfs.htm?products/microtime100/microtime100.htm, свободный.
41. Интерферометрическая литография. Режим доступа: http://snl.mit.edu/project_document/SNL-8.pdf, свободный.

42. Применение Интерферометрической литографии. Режим доступа: http://itc.ua/node/26807, свободный.
43. http://nanotech.iu4.bmstu.ru.

4.3. Перечень рекомендуемых обучающих, аттестующих, справочно-информационных компьютерных ресурсов, используемых при изучении модуля

№ п/п	Название рекомендуемых компьютерных средств обучения и аттестации в системе ДО ИТМО	Темы
1	Комплект электронных заданий и тестов по образовательному модулю «Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью»	1–8
2	Электронные презентации по образовательному модулю «Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью»	1–8

4.5. Аттестационные материалы для контроля уровня подготовки студента по модулю

Материалы для тестирования, результаты проверки отчетов по лабораторным работам, результаты проверки рефератов, материалы для экзамена.

5. Средства информационно-технического обеспечения освоения модуля Комплекты электронных презентаций (более 150 слайдов).

6. Материально-техническое обеспечение модуля

Для обеспечения модуля имеется следующее оборудование:

1. Два учебно-научных стенда – базовые аппаратурные элементы магистерской программы «Оптика наноструктур» по направлению «Фотоника и оптоинформатика», предназначенных, в частности, для проведения учебных лабораторных работ по образовательному модулю «Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью»:

(а) комплекс для проведения измерений временных параметров оптических откликов наноструктур на базе лазерного сканирующего люминесцентного микроскопа для измерения времен затухания люминесценции MicroTime100 (PicoQuant, Германия), предоставляющий возможности измерения и анализа физико-химических параметров микро-объемов наноструктурированных материалов, путем регистрации кинетики затухания люминесценции материалов в диапазоне от 200 пс до 1 мкс с использованием метода время-коррелированого счета отдельных фотонов, а также построения двумерных изображений времен затухания люминесценции с дифракционным пространственным разрешением.

(б) учебный стенд на базе оптический микроспектрометра InViva (Renishaw, Англия), позволяющего регистрировать рамановские и люминесцентные спектры образцов с пространственным разрешением до 1 мкм при возбуждении излучением с длиной волны 514,5 нм. Стенд предназначен для регистрации как спектров КР, так и люминесценции наноструктурированных образцов, а так же для картирования оптических спектров по поверхности образца с дифракционным разрешением.

2. Электронный микроскоп H-11B (Hitachi, Япония).

3. Атомно-силовой (туннельный) микроскоп Solver_PRO-M (NT-MTD, Россия).

4. Спектрофотометр-флюориметр "Панорама-Флюорат-02" (Люмэкс; Россия).

5. Конфокальный лазерный сканирующий люминесцентный микроскоп LSM-710 (Ziess, Германия).

6. Флюоресцентный спектрофотометр (200-900 нм) Cary Eclipse (Varian, США).

7. Спектрофотометр (170-3300 нм) U3600 (Shimadzu, Япония).

Приложение 2

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

к образовательному модулю «Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью» по направлению подготовки «Фотоника и оптоинформатика» по магистерской программе «Оптика наноструктур»

Тема 1. Общие представления о технике лазерной спектроскопии наноструктур

1. Выбор основных параметров лазерных источников излучения и методов их контроля при изучении наноструктур.
2. Инструментальное обеспечение измерений.
3. Особенности измерения параметров линейных и нелинейных оптических процессов в наноструктурах.
4. Спектроскопия сверхбыстрых процессов и ее методическое обеспечение.

Тема 2. Методы и техника экспериментального исследования параметров наноструктур

1. «Основные методы определения геометрических параметров наноструктур и их взаимного расположения».
2. «Методы и техника определения структурно-химических параметров наноструктурированных объектов».
3. «Методы и техника определения энергетической структуры полупроводниковых квантовых точек».
4. «Методы и техника анализа фононного энергетического спектра наноструктур».
5. «Методы и техника анализа динамики электронных возбуждений в квантовых наноструктурах».

Тема 3. Методы и техника характеризации топологии наноструктур

1. «Использование просвечивающей электронной микроскопии для изучения наноструктур».
2. «Использование сканирующей электронной микроскопии для изучения наноструктур».
3. «Определение формы, размеров и взаимного расположения нанообъектов методами атомно-силовой микроскопии».
4. «Определение формы, размеров и взаимного расположения нанообъектов методами сканирующей туннельной микроскопии».

Тема 4. Оптическая спектроскопия квантовых наноструктур: абсорбционно-люминесцентные методы

1. «Абсорбционные методы изучения электронных параметров наноструктур».

2. «Люминесцентные методы анализа электронных состояний наноструктур».
3. «Метод заполнения электронных состояний».
4. «Анализ спектров возбуждения люминесценции».
5. «Размерно-селективные люминесцентные методы изучения электронных параметров ансамблей наноструктур».
6. «Выжигание долгоживущих спектральных провалов – физические основы».
7. «Техника выжигания долгоживущих спектральных провалов в неоднородно уширенном спектре поглощения наноструктур».

Тема 5. Оптическая спектроскопия наноструктур: линейное и нелинейное рассеяние света

1. «Физические основы комбинационного рассеяния света: Нерезонансное КР, классическое описание».
2. «Нерезонансное КР: основы квантово-механической трактовки».
3. «Спектры возбуждения РКР и их использование для изучения электронной структуры квантовых нанокристаллов».
4. «Особенности фононного спектра нанокристаллов».
5. «Низкочастотное КР: определение размеров нанокристаллов».
6. «Гигантское КР – реализация усиления локальных оптических полей вблизи металлических наночастиц».
7. «Методы и техника двухфотонно возбуждаемого вторичного свечения».
8. «Резонансное гиперкомбинационное рассеяние (РГКР) и его возможности при исследовании квантовых точек».
9. «РГКР и РГРР нанокристаллами CdS; анализ спектров возбуждения».

Тема 6. Методы и техника оптической микроскопии наноструктур (8 час)

1. «Методы оптической микроскопии».
2. «Принципы и техника люминесцентной микроскопии».
3. «Люминесцентные лазерные сканирующие микроскопы».
4. «Конфокальная люминесцентная микроскопия- принцип работы».
5. «Микроспектрофлуориметры и техника микроскопии КР».
6. «Физические основы ближнепольной сканирующей оптической микроскопии (БСОМ)».
7. «Апертурные методы БСОМ».
8. «Безапертурная БСОМ».

Тема 7. Оптические методы изучения динамики электронных возбуждений в наноструктурах

1. «Иерархия характерных времен эволюции возбуждений в полупроводниковых наноструктурах».

2. «Метод синхронного детектирования в регистрации оптических откликов нанокристаллов».
3. «Техника коррелированного счета одиночных фотонов: применения в люминесцентной микроскопии».
4. «Стрик-камера: прямые измерения кинетики люминесценции квантовых точек».
5. «Основы техники ап-конверсии в кинетических измерениях».
6. «Применения метода накачка-зондирование».

Тема 8. Применение интерферометрических методов в наноструктурных технологиях

1. «Интерферометрическая литография в наноструктурных технологиях».
2. «Интерференционные явления в многослойных пленочных наноструктурах».
3. «Элементы теории проектирования просветляющих покрытий».
4. «Фильтр Фабри-Перо на основе сильно поглощающей трехслойной наноструктуры».

Приложение 3

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Тема 1. Общие представления о технике лазерной спектроскопии наноструктур

1. Дать представление об основах современного количественного физического эксперимента.
2. Обосновать важность оптических методов в физических экспериментах.
3. Обосновать основные принципы количественной обработки и анализа экспериментальных данных. Что такое точность и наиболее вероятные значения искомых данных?
4. Дать представление о современном парке лазерных источников света и методах контроля их параметров.
5. Объяснить принципы современных подходов к измерениям параметров лазерного излучения.
6. Дать определение линейных и нелинейных оптических процессов.
7. Перечислить типы нелинейных процессов и способы измерения их параметров.
8. Пояснить роль когерентности в динамике поглощения и люминесцентного отклика атомно-молекулярных систем и наноструктур при интенсивной лазерной накачке.
9. Модельный эксперимент, подход к обработке экспериментальных данных и их анализу.
10. Описать особенности кинетических измерений со сверхвысоким разрешением во времени.
11. Каковы способы получения сверхкоротких лазерных импульсов и техника контроля параметров сверхкоротких импульсов и измерения отклика исследуемых систем.

Тема 2. Методы и техника экспериментального исследования параметров наноструктур

1. Какие требования предъявляются к современным методам и технике экспериментального исследования параметров наноструктур.
2. Дать представление об основных методах определения размера, формы и взаимного расположения единичных наноструктур.
3. Проанализировать преимущества и недостатки методов оптической характеризации химического состава, строения и внутренних напряжений в наноструктурах.
4. Дать представление об оптических методах исследования электронно-колебательной энергетической структуры нанокристаллов.

5. Проанализировать возможности оптических методов при исследовании динамики электронных возбуждений в наноструктурах.

Тема 3. Методы и техника характеризации топологии наноструктур

1. Объяснить принципиальную схему и конструктивные особенности просвечивающего электронного микроскопа.
2. Привести примеры прямые методы исследования различных образцов, в том числе, пленка-подложка и дисперсных объектов.
3. Пояснить особенности исследование нанорельефа массивных образцов в просвечивающем электронном микроскопе.
4. Дать представление об использовании дифракции электронов в ПЭМ для исследования кристаллической структуры образцов.
5. Дать представление о методе формировании изображения в сканирующем электронном микроскопе.
6. Проанализировать возможности электронно-зондового рентгеноспектрального химического анализа нанообъектов.
7. Дать представление о принципах работы сканирующего туннельного микроскопа.
8. Проанализировать возможности атомно-силовой микроскопии при характеризации топологии нанообъектов.

Тема 4. Оптическая спектроскопия квантовых наноструктур: абсорбционно-люминесцентные методы

1. Проанализировать возможности абсорбционных методов при изучении электронных параметров наноструктур.
2. Обосновать преимущества люминесцентных методов анализа электронных состояний наноструктур.
3. Дать представление об использовании метода заполнения электронных состояний при изучении электронных параметров наноструктур.
4. В чем преимущества и недостатки анализа спектров возбуждения люминесценции при определении параметров электронного энергетического спектра наноструктур?
5. На чем основаны размерно-селективные люминесцентные методы изучения электронных параметров ансамблей наноструктур?
6. Дать представления о физических основах техники выжигания долгоживущих спектральных провалов.
7. Проанализировать использование техники выжигания долгоживущих спектральных провалов в неоднородно уширенном спектре поглощения наноструктур для определения электронных параметров квантовых точек.

Тема 5. Оптическая спектроскопия наноструктур: линейное и нелинейное рассеяние света

1. Дать определение физическим основам процесса комбинационного рассеяния света (КР) в классической трактовке.
2. Дать определение физическим основам процесса комбинационного рассеяния света (КР) в квантово-механической трактовке.
3. Что такое спектры возбуждения резонансного КР и как они используются для изучения электронной структуры квантовых нанокристаллов?
4. Проанализировать особенности фононного спектра нанокристаллов. Дать представление о низкочастотном КР и его использовании для определения размеров нанокристаллов.
5. Гигантское КР света – реализация усиления локальных оптических полей вблизи металлических наночастиц.
6. Дать представление о методах двухфотонно возбуждаемой люминесценции и резонансном гиперкомбинационном рассеянии.
7. Проанализировать достоинства и недостатки метода двухфотонно возбуждаемого вторичного свечения для изучения электронной структуры квантовых нанокристаллов.
8. Обсудить возможности спектроскопии резонансного гиперкомбинационного рассеяния света при исследовании квантовых точек.

Тема 6. Методы и техника оптической микроскопии наноструктур (8 час)

1. Дать определения основным понятиям оптической микроскопии.
2. Проанализировать возможности различных методов оптической микроскопии.
3. Дать представление об основных принципах люминесцентной микроскопии.
4. Проанализировать физические основы техники конфокальной люминесцентной микроскопии и ее возможности.
5. В чем отличие техники микроспектрофлуориметрии и микроскопии КР от традиционной люминесцентной микроскопии?
6. В чем состоит актуальность применения ближнепольной оптической спектроскопии при исследовании наноструктур.
7. Проанализировать физические основы ближнепольной сканирующей оптической микроскопии (БСОМ)
8. Дать представление об апертурных методах БСОМ.
9. Проанализировать примеры использования апертурной БСОМ для люминесцентной спектроскопии с субдифракционным пространственным разрешением.
10. Обсудить безапертурные методы БСОМ и ее преимущества перед апертурной БСОМ.

Тема 7. Оптические методы изучения динамики электронных возбуждений в наноструктурах

1. Дать представление об оптических методах и технике изучения динамики электронных возбуждений в наноструктурах.
2. Проанализировать иерархию характерных времен эволюции возбуждений в полупроводниковых структурах.
3. В чем состоит метод синхронного детектирования в регистрации оптических откликов.
4. Дать понятие о технике коррелированного счета одиночных фотонов и ее использовании в микролюминесцентных измерениях.
5. Обсудить достоинства и недостатки использования щелевой и двухмерной стрик-камер при измерениях параметров люминесцентных откликов наноструктур.
6. Дать представление о технике ап-конверсии при проведении временных и спектральных измерений.
7. Проанализировать возможности метода накачка-зондирование при изучении эволюции оптических откликов исследуемых объектов.

Тема 8. Применение интерферометрических методов в наноструктурных технологиях

1. Провести анализ возможности применение интерферометрических методов в наноструктурных технологиях.
2. Дать представление об интерферометрической литографии и ее применениях в наноструктурных технологиях.
3. Обсудить необходимость использования узкополосного оптического фильтра Фабри-Перо в спектральном анализе сверх узких линий люминесценции.
4. Обосновать физические основы интерференционные явления в многослойных пленочных структурах.
5. Дать общее представление о теории проектирования просветляющих покрытий.
6. Проанализировать особенности параметров фильтра Фабри-Перо на основе сильно поглощающей трехслойной наноструктуры.

Приложение 4

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема 1. Общие представления о технике лазерной спектроскопии наноструктур

1. Каким прибором впервые удалось измерить временной интервал длительностью порядка 10^{-9} с?
2. С помощью какого прибора можно определить длину когерентности излучения лазера?
3. Что определяет получение предельно короткого импульса генерации и скважность в последовательности импульсов в лазера с синхронизацией мод? в лазере?
4. Каким способом можно определить нулевую задержку в двух импульсном методе «накачка-опрос» при кинетических измерениях по коллинеарной схеме с использованием импульсов на разной частоте?
5. Где устанавливается регулируемая линия задержки в схемах кинетических измерений с использованием УКИ типа «накачка-зондирование», а также? при измерениях длительности УКИ при помощи скоростной щелевой камеры?
6. Необходима ли линия задержки при измерении при помощи щелевой камерой флуоресцентного отклика исследуемого объекта, возбужденного УКИ?
7. Что происходит с длительностью УКИ после его прохождения через дисперсионный элемент (призма, дифракционная решетка)?
8. Чем отличаются схемы измерений оптического просветления и оптического ограничения (затемнения) в нелинейных средах?
9. Раствор чистого фуллерена в толуоле является оптическим ограничителем или средой, просветляющейся под действием лазерного излучения?

Тема 2. Методы и техника экспериментального исследования параметров наноструктур

1. Дайте определение понятиям: нанотехнология, наноструктура, квантовые точки.
2. На чем основан принцип действия электронного микроскопа?
3. Топологию каких объектов можно исследовать с помощью атомно-силового и туннельного микроскопов?
4. Какие спектроскопические методы используются для характеризации электронной энергетической структурой материалов?

5. Параметры каких элементарных возбуждений в наноструктурах исследует спектроскопия комбинационного рассеяния света?
6. В чем отличие апертурной ближнепольной оптической микроскопии от безапертурной?
7. На чем основаны размерно-селективные методы спектрального анализа квантовых точек?
8. Чем обусловлено неоднородное уширение полос поглощения и люминесценции ансамбля квантовых точек?

Тема 3. Методы и техника характеризации топологии наноструктур

1. Пояснить принцип работы источника электронов в электронном микроскопе.
2. Почему в качестве предметного «стекла» в электронном микроскопе используется углеродная пленка?
3. Какие объекты предельно малого размера можно наблюдать с помощью электронного микроскопа и каковы физические причины ограничения пространственного разрешения?
4. Каковы главные отличия просвечивающего и сканирующего электронных микроскопов?
5. Каковы предельные разрешающие способности электронных и зондовых микроскопов при анализе топологии объектов?
6. Чем отличаются принципы действия туннельного и атомно-силового микроскопов?

Тема 4. Оптическая спектроскопия квантовых наноструктур: абсорбционно-люминесцентные методы

1. Какие спектральные прибора используются для получения спектров поглощения и люминесценции образцов с квантовыми точками?
2. В каких случаях анализ спектров поглощения и люминесценции ансамбля квантовых точек может быть использован для определения параметров их электронной энергетической структуры?
3. Почему в спектрах люминесценции квантовых точек обычно видна только длинноволновая полоса излучательной рекомбинации электронов и дырок, соответствующая нижайшему по энергии оптическому переходу?
4. На чем основан метод заполнения электронных состояний? Основные достоинства и недостатки.
5. При каком условии спектр возбуждения люминесценции (СВЛ) совпадает со спектром поглощения?
6. Возможен ли анализ формы линии фундаментального оптического перехода квантовых точек с использованием спектрально-селективных люминесцентных методов?

7. Какой спектрально-селективный метод позволяет анализировать тонкую структуру нижнего возбужденного состояния и ее фононное крыло?
8. Возможно ли использование метода выжигания долгоживущих спектральных провалов для анализа фононного спектра квантовых точек?
9. На чем основаны предложения по использованию долгоживущих провалов в спектре поглощения квантовых точек для оптической записи информации?

Тема 5. Оптическая спектроскопия наноструктур: линейное и нелинейное рассеяние света

1. С помощью каких методов может быть получена информация о параметрах фононной подсистемы материалов?
2. Какую дополнительную информацию о материале позволяет получить резонансное КР по сравнению с нерезонансным?
3. Дать определение спектра КР и спектра возбуждения КР. В чем их отличие?
4. Какова зависимость интенсивностей нерезонансного и резонансного КР от частоты возбуждающего излучения?
5. Что показывают «обозначения Порто», используемые в спектроскопии КР?
6. Каким образом устанавливается принадлежность полос, наблюдаемых в спектрах поглощения квантовых точек, квантовым точкам определенного химического состава?
7. В каком диапазоне размеров нанокристаллов можно пренебречь размерными зависимостями энергии оптических фононов и почему?
8. С чем связана возможность использования энергетического спектра акустических фононов для определения размеров нанокристаллов?
9. Как называется техника спектроскопии КР, используемая для исследования энергетических спектров акустических фононов и в чем состоят особенности ее технической реализации?
10. Что такое локальные плазмоны и как их параметры зависят от формы, размеров и материала наночастиц?
11. Что лежит в основе эффекта гигантского КР?

Тема 6. Методы и техника оптической микроскопии наноструктур (8 час)

1. Для наблюдения каких объектов в оптической микроскопии применяются методы светлого и темного поля?
2. Какая информация об объекте может быть получена с помощью поляризационного микроскопа?
3. На чем основываются методы люминесцентной микроскопии и какие требования предъявляются к оптическим элементам люминесцентного микроскопа?

4. Каким образом создается люминесцентное изображение объекта в люминесцентных лазерных сканирующих микроскопах?
5. За счет чего в люминесцентных лазерных сканирующих микроскопах достигается пространственное разрешение, практически совпадающее с дифракционным пределом?
6. Почему в конфокальной люминесцентной микроскопии появляется возможность получения трехмерных (XYZ) пространственных люминесцентных изображений исследуемых объектов?
7. В чем состоят преимущества и недостатки конфокальной люминесцентной микроскопии?
8. Какую информацию можно получить при изучении люминесцирующих объектов с использованием микроспектрофлуориметров?
9. В чем состоят специальные требования к конструкции спектрометра микро-КР и почему?
10. В чем состоит принципиальное отличие техники микро-КР от традиционной техники КР?
11. Что является основным преимуществом техники ближнепольной сканирующей оптической микроскопии?
12. Какой подход используется для создания локализованного ближнего поля в апертурной и в безапертурной БСОМ?
13. Что используется в качестве изолированного диполя с большой силой осциллятора для создания локальных полей в безапертурной БСОМ?

Тема 7. Оптические методы изучения динамики электронных возбуждений в наноструктурах

1. Каков временной диапазон развития и затухания различных процессов в полупроводниковых нанокристаллах?
2. Каким динамическим процессам в твердых телах соответствуют: когерентный режим, не термализованный и изотермический режимы?
3. В каких случаях во вторичном излучении образца появляется компонент, модулированный с частотой модуляции возбуждающего излучения?
4. Можно ли использовать технику синхронного детектирования для детектирования сигналов на частотах, отличных от частоты модуляции возбуждающего излучения?
5. Какие параметры возбуждающего излучения важны при использовании техники коррелированного счета одиночных фотонов?

6. Какой метод лежит в основе построения временной зависимости вероятности испускания фотона люминесценции через различные промежутки времени после импульса возбуждения?
7. Какую информацию можно получить при использовании техники коррелированного счета одиночных фотонов в люминесцентной микроскопии?
8. На чем основано измерение временных интервалов в стрик-камере?
9. Какие новые возможности анализа оптических откликов предоставляют двухмерные стрик-камеры без входной щели?
10. Что является оптическим сигналом при временных измерениях с использованием техники ап-конверсии?
11. Возможно ли использование техники ап-конверсии для получения информации о спектральном составе люминесценции в разные моменты времени после возбуждения?
12. Какие источники возбуждения используются в случае «невырожденной» спектроскопии накачка-зондирование?

Тема 8. Применение интерферометрических методов в наноструктурных технологиях

1. Какими способами можно увеличить пространственное разрешение световой интерферометрической литографии?
2. Каким образом осуществляется сканирование спектра в интерферометре Фабри-Перро?
3. В каком случае реализуется максимальная разрешающая способность интерферометра Фабри-Перро?
4. На чем основывается возможность реализации узкополосных фильтров Фабри-Перо на основе зеркал из сильно поглощающих материалов?

Приложение 5

ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

После каждого вопроса приведены варианты ответов, из которых только один является правильным. Необходимо указать правильный ответ.

1. С помощью каких приборов можно убедиться в линейности пропускания ослабляющих фильтров?

А. Стандартных ламповых спектрометров.

Б. Лазерных фотометров.

В. Спектрографов.

2. При измерении угла расходимости лазерного излучения и распределения поля в дальней зоне используются схемы с положительной линзой. Для указанных измерений схемы:

А. Одинаковые.

Б. Принципиально разные

В. Одна в другую преобразуется трансляцией линзы.

3. Уравнения Максвелла в зависимости от величины электрического заряда:

А. Линейны.

Б. Нелинейны.

В. Линейны до определенной величины электрического заряда.

4. Закон Бугера-Ламберта-Бера описывает поглощение оптического образца:

А. Когда процесс линеен.

Б. Когда процесс нелинеен.

В. Во всех случаях.

5. Что определяет получение предельно короткого импульса генерации в лазере с синхронизацией мод?

А. Полоса усиления активного тела.

Б. Добротность резонатора.

В. Коэффициент усиления на проход.

6. Что определяет скважность в последовательности импульсов лазера с синхронизацией мод?

А. Положения активного тела в резонаторе.

Б. Коэффициент усиления на проход.

В. Расстояние между зеркалами резонатора.

7. Наноструктурами называются материальные структуры с характерными размерами, по крайней мере, в одном измерении:

А. От 1 до 100 нм.

Б. От 100 до 500 нм.

В. Менее 1 микрометра.

8. Физической основой методов электронной микроскопии является:

А. Волновая природа движущихся с большой скоростью электронов.

Б. Использование корпускулярных свойств электронов.
В. Анализ скорости движения электронов, вырванных из образца под действием прикладываемого потенциала.
9. Пространственное разрешение сканирующего электронного микроскопа по сравнению с просвечивающим электронным микроскопом:
А. Лучше.
Б. Примерно одинаково.
В. На порядок величины меньше.
10. Абсорбционно-люминесцентная спектроскопия используется для:
А. Характеризации электронной энергетической структурой материалов.
Б. Измерения электропроводности материалов.
В. Определения размеров наночастиц в диапазоне 50-100 нм.
11. Интенсивность комбинационного рассеяния света по сравнению с интенсивностью люминесценции:
А. Больше.
Б. Сравнима.
В. На 3–5 порядка меньше.
12. Ближнепольная сканирующая оптическая микроскопия используется для оптической характеризации объектов с:
А. Субдифракционным пространственным разрешением.
Б. Со сверхвысоким спектральным разрешением.
В. С диффузно отражающей поверхностью.
13. В электронном микроскопе для формирования изображения используются:
А. Пучки протонов, фотонов, нейтронов.
Б. Источником электронов в микроскопе является волоконно-оптический световод, радиоактивный стержень, вольфрамовая нить.
В. Для исследования в просвечивающем электронном микроскопе объект помещается на предметное стекло, на тонкую пленку, на металлическую пластинку.
14. Известно, что СТМ изображение определяется не только рельефом поверхности. Распределение какого параметра поверхности также отображается в СТМ изображении?
А. Поверхностного заряда.
Б. Поверхностной проводимости.
В. Плотности состояний на уровне Ферми.
15. Какой электрический сигнал в СТМ записывается как топографический (т.е. является репликой поверхности образца)?
А. Сила туннельного тока.
Б. Напряжение вертикального смещения зонда.
В. Напряжение горизонтальной развертки.
16. Режим слабого конфайнмента в полупроводниковых квантовых точках характеризуется:

А. Квантованием трансляционного движения электрон-дырочной пары (экситона) как целого.
Б. Слабой зависимостью электронной структуры квантовых точек от размера в одном из направлений.
В. Отсутствием размерной зависимости энергетического электронного спектра.
17. Режим сильного конфайнмента в полупроводниковых квантовых точках характеризуется:
А. Квантованием трансляционного движения электрон-дырочной пары (экситона) как целого.
Б. Квантованием трансляционного движения, как электрона, так и дырки.
В. Сильной размерной электронной структуры квантовых точек от размера в одном из направлений.
18. Энергии оптических переходов в квантовых точках зависят от их размера:
А. Обратно пропорциональны квадрату радиуса квантовой точки.
Б. Прямо пропорциональны квадрату радиуса квантовой точки.
В. Обратно пропорциональны радиуса квантовой точки.
19. Какой спектрально-селективный метод позволяет анализировать тонкую структуру нижнего возбужденного состояния и ее фононное крыло?
А. Метод сужения линии люминесценции.
Б. Размерно-селективная модификация метода СВЛ.
В. Метод выжигания долгоживущих спектральных провалов.
20. В каких случаях можно использовать метод выжигания долгоживущих спектральных провалов.
А. В случае исследования одиночных квантовых точек.
Б. Для исследования квантовых точек в составе ансамбля с неоднородно уширенным спектром оптических переходов.
В. И в том, и в другом случае.
21. Что необходимо для реализации метода выжигания долгоживущих спектральных провалов?
А. Чтобы после возбуждения квантовые точки испытали какое-либо превращение, приведшее к сильному изменению энергий их оптических переходов.
Б. Чтобы квантовые точки были сферической формы.
В. Чтобы поглощение квантовых точек находилось в спектральной области свыше 600 нм.
22. Метод выжигания долгоживущих спектральных провалов относится к:
А. Люминесцентным методам исследования.
Б. Методам комбинационного рассеяния света.
В. Абсорбционным методам исследования.

23. С помощью какого метода может быть получена информация о параметрах фононной подсистемы материалов?
А.Электронной микроскопии.
Б. Атомно-силовой микроскопии.
В. Комбинационного рассеяния света.
24. Анализ частот фононов, интенсивностей, ширин и поляризаций соответствующих полос в спектрах КР позволяет определять:
А. Химический состав и симметрию исследуемого материала, степень кристалличности, наличие дефектов и механических напряжений в нем.
Б. Электронную энергетическую структуру материала.
В. Температуру плавления материала.
25. Какую дополнительную информацию о материале позволяет получить резонансное КР по сравнению с нерезонансным?
А. Определить размеры наночастиц материала.
Б. Данные об электронной подсистеме материала и о параметрах электрон-фононного взаимодействия.
В. Получить сведения о свойствах поверхности наночастиц.
26. Повысить разрешающую способность микроскопа можно за счет:
А. Использования иммерсионной жидкости с показателем преломления большим, чем у воздуха.
Б. Уменьшения расстояния между объектом и объективом.
В. Использования широкополосного источника освещения образца.
27. Метод светлого поля в проходящем свете применяется при:
А. Наблюдении непрозрачных отражающих свет объектов.
Б. Исследовании прозрачных препаратов с включенными в них структурами, поглощающими свет.
В. Получении изображений прозрачных непоглощающих объектов.
28. Метод светлого поля в отраженном свете применяется для:
А. Наблюдения непрозрачных отражающих свет объектов.
Б. Исследования прозрачных препаратов с включенными в них структурами, поглощающими свет.
В. Микроскопического исследования препаратов, включающих оптически анизотропные элементы
29. Метод наблюдения в поляризованном свете (поляризационная микроскопия) служит для:
А. Исследования прозрачных препаратов с включенными в них структурами, поглощающими свет.
Б. Получения изображений прозрачных непоглощающих объектов.
В. Микроскопического исследования препаратов, включающих оптически анизотропные элементы (или целиком состоящих из таких элементов).
30. Принцип действия поляризационной микроскопии основывается на том, что:

А. При прохождении поляризованного света через препарат (или отражении от него) поляризация света изменяется.
Б. При прохождении поляризованного света через препарат свет определенной поляризации поглощается сильнее.
В. Свет определенной поляризации сильнее отражается от препарата.
31. Люминесцентная микроскопия заключается:
А. в использовании коротковолнового излучения для освещения препарата.
Б. В наблюдении люминесценции объектов, возбужденной внешним источником света.
В. В использовании для освещения препаратов люминесцентных ламп.
32. Наноиндустрия требует методов оптического экспресс-контроля параметров наноструктур с пространственное разрешением:
А. 2–100 нм.
Б. Ограниченным дифракционным пределом.
В. Менее 2 нм.
33. Ближнепольная сканирующая оптическая микроскопия (БСОМ) в качестве светоподводящих элементов использует:
А. Фокусированный пучок лазерного излучения.
Б. Сверхтонкие оптические или металлические зонды.
В. Нелинейно-оптические кристаллы.
34. Основным преимуществом техники ближнепольной сканирующей оптической микроскопии является:
А. Возможность регистрации сигналов люминесценции и комбинационного рассеяния света с субдифракционным пространственным разрешением.
Б. Малое время проведения оптических измерений.
В. Возможность использования мощных лазерных источников возбуждения.
35. БСОМ основана на:
А. Использовании перестраиваемых по частоте источников излучения.
Б. Использовании регистрации оптических откликов исследуемых объектов в дальней зоне.
В. Использовании эффекта пространственной локализации оптического поля в области пространства с размерами существенно меньшими длины волны.
36. Какие методы используются для изучения динамики электронных возбуждений в квантовых наноструктурах?
А. Только кинетические оптические методы.
Б. Только спектральные.
В. Как кинетические, так и спектральные оптические методы.
37. Какие параметры системы характеризуют динамику электронных возбуждений в квантовых наноструктурах?
А. Энергетический спектр электронных возбуждений.

Б. Времена энергетической и фазовой релаксации электронных возбуждений.
В. Энергетический спектр фононных возбуждений.
38. Каков временной диапазон развития и затухания различных процессов в полупроводниковых нанокристаллах?
А. От единиц фемтосекунд до микросекунд.
Б. От единиц до сотен пикосекунд.
В. В субпикосекундной области времен.
39. Когерентный режим соответствует процессам с характерными временами:
А. Менее 200 фс.
Б. От 200 фс до 100 пс.
В. Более 100 пс.
40. Характерной чертой когерентного режима является:
А. Создание реальных или виртуальных возбуждений, находящихся в хорошо определенных фазовых соотношениях с возбуждающим электромагнитным полем.
Б. Создаются реальные полностью дефазированые возбуждения.
В. Создание реальных возбуждений, которые характеризуются температурой.

Приложение 6

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА И МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФОРМУЛ

Графический материал. В отчете по лабораторной работе, кроме текста, следует обратить внимание на правила оформления графического материала, (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки, рисунки). На все иллюстрации должны быть даны ссылки. Например, «... в соответствии с рисунком 2». Допустима также ссылка на иллюстрацию заключенная в скобках, например, (рисунок 4). Желательно оформление графического материала проводить с использованием программы Origin 7.

Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами порядковой нумерацией. Номер следует размещать под иллюстрацией посередине после слова «Рисунок». Если в работе только одна иллюстрация, её нумеровать не следует и слово «Рисунок» под ней не пишут.

Пример оформления графика представлен на рисунке 1.

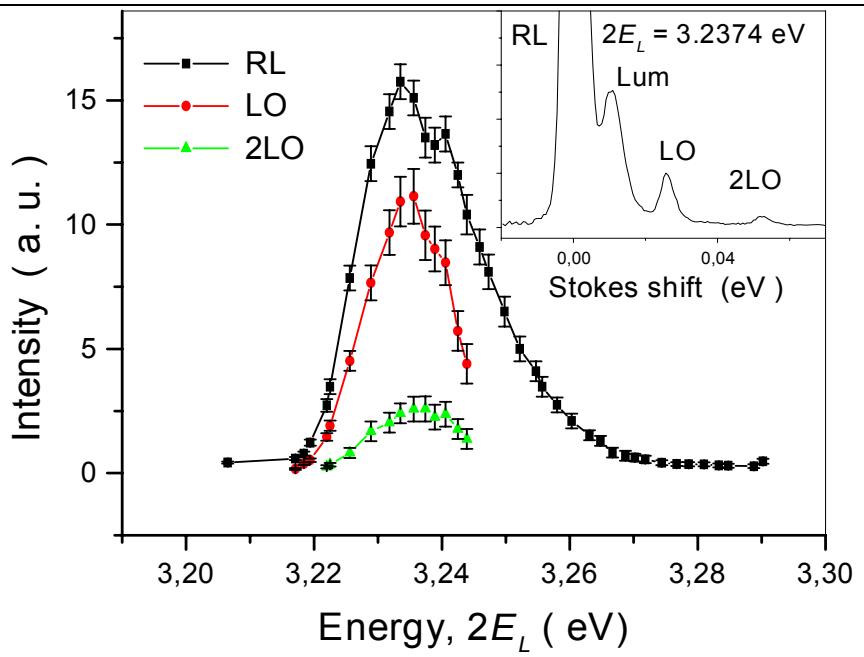

Рис. 1. Спектр возбуждения полос РЛ (RL), LO и 2LO для CuCl КТ с R_0 = 2.2 нм. Вставка показывает пример спектра ДФВС, демонстрирующего полосы RL, люминесценции (Lum), LO и 2LO; показано значение удвоенной энергии фотонов (2E_L).

Таблицы. Цифровой материал рекомендуется помещать в отчете в виде таблиц. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки в тексте.

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах всей работы. Номер следует размещать в левом верхнем углу над заголовком таблицы после слова «Таблица». Допускается

нумерация таблиц в пределах раздела. Если в работе одна таблица, её не нумеруют и слово «Таблица» не пишут.

Каждая таблица должна иметь заголовок, который помещается ниже слова «Таблица». Слово «Таблица» и заголовок начинаются с прописной буквы, точка в конце заголовка не ставится.

Заголовки граф таблицы должны начинаться с прописных букв, подзаголовки – со строчных, если последние подчиняются заголовку. Заголовки граф указываются в единственном числе.

Таблицу следует размещать так, чтобы читать её без поворота работы, если такое размещение невозможно, таблицу располагают так, чтобы её можно было читать, поворачивая работу по часовой стрелке.

При переносе таблицы головку таблицы следует повторить, и над ней размещают слова «Продолжение таблицы», с указанием её номера. Если головка таблицы велика, допускается её не повторять, в этом случае следует пронумеровать графы и повторить их нумерацию на следующей странице. Заголовок таблицы не повторяют.

Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы отсутствуют, то ставится прочерк. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Если все показатели, приведённые в таблице, выражены в одной и той же единице, то её обозначение помещается над таблицей справа.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента, обозначения марок материала, обозначения нормативных документов не допускается.

Формулы и уравнения. Пояснение значений, символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, как и в формуле.

Значение каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки, первую строку пояснения начинают со слова «где» без двоеточия.

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки.

Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=), или после знака плюс (+), или после других математических знаков с их обязательным повторением в новой строке.

Формулы и уравнения в отчете следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей работы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении напротив формулы. Допускается нумерация формул в пределах раздела.

Приложение 7

ОБРАЗЦЫ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ

Книги

Однотомное издание

Автор**.** Заглавие**:** сведения, относящиеся к заглавию (см. на титуле) / сведения об ответственности (авторы)**;** последующие сведения об ответственности (редакторы, переводчики, коллективы)**. –** Сведения об издании (информация о переиздании, номер издания)**. –** Место издания**:** Издательство**,** Год издания**. –** Объем**. – (**Серия**).**

Примечания:

1. Если у издания *один автор*, то описание начинается с фамилии и инициалов автора. Далее через точку «.» пишется Заглавие. За косой чертой «/» после заглавия Имя автора повторяется, как сведение об ответственности.
2. Если у издания *два автора*, то описание начинается с фамилии и инициалов первого автора. За косой чертой «/» после заглавия сначала указывается первый автор, а потом через запятую - второй автор.
3. Если у издания *три автора*, то описание начинается с фамилии и инициалов первого автора. За косой чертой «/» после заглавия сначала указывается первый автор, а потом через запятую – второй и третий авторы.
4. Если у издания *четыре автора и более*, то описание начинается с заглавия. За косой чертой указываются все авторы.
5. Если у издания *есть один или несколько авторов*, и также указаны *редакторы***,** *составители***,** *переводчики* и т.п., то информация о них указывается в сведении об ответственности, после всех авторов перед точкой с запятой «;».
6. Если у издания *нет автора*, но указаны *редакторы***,** *составители***,** *переводчики* и т.п., то описание начинается с заглавия. За косой чертой после заглавия сразу пишутся редакторы, составители и т.п. с указанием функции.
7. Если у издания *нет автора***,** *редакторов* и т.п., то после заглавия сразу идет информация об издании после точки и тире «. – ».

Примеры:

1. Современная информатика: наука, технология, деятельность / Р.С. Гиляревский, Г.З. Залаев, И.И. Родионов, В.А. Цветкова; под ред. Ю.М. Арского. – М.: Информатика, 1997. – 211 с.
2. Иллюстрированный словарь английского и русского языка с указателями. – М.: Живой язык, 2003. – 1000 с.

Отдельный том многотомного издания

Автор. Заглавие издания: сведения, относящиеся к заглавию (см. на титуле). Обозначение и номер тома: Заглавие тома / Сведения об ответственности (авторы); последующие сведения об ответственности (редакторы, переводчики, коллективы). – Город издания: Издательство, Год издания – Объем. – (Серия).

или

Автор. Заглавие тома/Сведения об ответственности (авторы); последующие сведения об ответственности (редакторы, переводчики, коллективы). - Город издания: Издательство, Год издания – Объем. – (Заглавие издания: сведения, относящие к заглавию / Сведения об ответственности (авторы); обозначение и номер тома).

Примечания:

Под томом понимается отдельная физическая единица, входящая в состав многочастного документа, обозначаемая как том, часть, выпуск, сборник, альбом, тетрадь и т. п.

Примеры:

1. Казьмин, В. Д. Справочник домашнего врача: в 3 ч. Ч. 2: Детские болезни / Вл. Казьмин. – М.: АСТ: Астрель, 2002. – 503 с.: ил.

или

2. Казьмин, В. Д. Детские болезни / Вл. Казьмин. – М.: АСТ: Астрель, 2002. – 503 с.: ил. – (Справочник домашнего врача: в 3 ч. / Вл. Казьмин; ч. 2).

Неопубликованные документы

Диссертации

Автор**.** Заглавие**:** сведения, относящиеся к заглавию (см. на титуле): шифр номенклатуры специальностей научных работников: дата защиты: дата утверждения / сведения об ответственности (автор); последующие сведения об ответственности (коллектив). – Место написания**,** Дата написания**. -** Объем**.**

Примечания:

В сведениях, относящихся к заглавию, приводят сведения о том, что данная работа представлена в качестве диссертации, а также сведения об ученой степени, на соискание которой представлена диссертация. Сведения приводят в сокращенном виде, например: дис. ... канд. пед. наук дис. ...д-ра техн. наук.

Примеры:

Тевлина, В.В. Исторический опыт подготовки специалистов в области социальной работы в России. Вторая половина XIX–XX вв.: дис. ... д-ра ист. наук: 07.00.02: защищена 04.10.04/ В.В. Тевлина; Поморский

государственный университет им. М.В. Ломоносова. – Архангельск, 2004. – 409 с.

Автореферат диссертации

Автор**.** Заглавие**:** сведения, относящиеся к заглавию (см. на титуле): шифр номенклатуры специальностей научных работников: дата защиты: дата утверждения / сведения об ответственности (автор); последующие сведения об ответственности (коллектив). – Место написания**,** Дата написания**. –** Объем**.**

Примечания:

В сведениях, относящихся к заглавию, приводят сведения о том, что данная работа представлена в качестве автореферата диссертации на соискание ученой степени. Сведения приводят в сокращенном виде, например: автореф. дис. ... канд. физ. наук автореф. дис. ... д-ра тех. Наук.

Примеры:

Бесстрашнова, Я. К. Модели и методы управления надежностью коммерческого кредитования: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13: защищена 30.10.03 / Я.К. Бесстрашнова; СПбГПУ. – СПб., 2003. – 20 с.

Электронные ресурсы

Электронный ресурс локального доступа (CD)

Автор**.** Заглавие [Электронный ресурс]: сведения, относящиеся к заглавию / сведения об ответственности (авторы)**;** последующие сведения об ответственности (редакторы, переводчики, коллективы). – Обозначение вида ресурса («электрон. дан.» и/или «электрон. Прогр»). – Место издания: Издательство, Год издания. – Обозначение материала и количество физических единиц. – (Серия).

Примечания:

1. Описание электронного ресурса в области «Автор» и «Сведения об ответственности» осуществляется по правилам описания книжного издания.
2. Обозначение материала приводят сразу после заглавия в квадратных скобках: [Электронный ресурс].

Примеры:

1. Даль, Владимир Иванович. Толковый словарь живого великорусского языка Владимира Даля [Электронный ресурс]: подгот. по 2-му печ. изд. 1880–1882 гг. – Электрон. дан. – М.: АСТ, 1998. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) – (Электронная книга).
2. Атлас-98 [Электронный ресурс]: 3D: самый подроб. полностью трехмер. атлас мира. – Электрон. дан. и прогр. – [Б. м.], 1998. – 1 электрон, опт. диск (CD-ROM). – (Весь мир в 3D).

Электронный ресурс удаленного доступа (Internet)

Автор**.** Заглавие [Электронный ресурс]: сведения, относящиеся к заглавию / сведения об ответственности (авторы)**;** последующие сведения об ответственности (редакторы, переводчики, коллективы). – Обозначение вида ресурса («электрон. текст. дан.»). – Место издания: Издательство, Дата издания. – Режим доступа: URL. – Примечания («Электрон. версия печ. Публикации»).

Примечания:

1. Описание электронного ресурса в области «Автор» и «Сведения об ответственности» осуществляется по правилам описания книжного издания.
2. Обозначение материала приводят сразу после заглавия в квадратных скобках: [Электронный ресурс].
3. Если описывается сайт в целом, то область «Дата издания» будет выглядеть следующим образом:

   Год начала издания – год окончания издания.

   Если работа над сайтом продолжается в текущий момент, то приводят год начала издания и тире после него с последующим пробелом в 4 знака.

Примеры:

1. Исследовано в России [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. журн. / Моск. физ.-техн. ин-т. — Электрон. журн. – Долгопрудный: МФТИ, 1998. – Режим доступа к журн.: http://zhurnal.mipt.rssi.ru.
2. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информ. технологий РГБ; ред. Власенко Т.В.; Web-мастер Козлова Н.В. – Электрон. дан. – М.: Рос. гос. б-ка, 1997. – Режим доступа: http://www.rsl.ru, свободный.
3. История книги [Электронный ресурс]: учебник для вузов / ред. А.А.Говоров, Т.Г.Куприянова; Московский гос. ун-т печати, Лаборатория компьютеризации ФИДиКТ. – Электрон. текстовые дан. и граф. дан. – М.: Издательство МГУП "Мир книги", 1998. – 348 с.: цв. – Режим доступа: http://www.hi-edu.ru/e-books/HB/, свободный. – Электрон. версия печ. публикации.

Составные части документов

Общая схема описания:

Сведения о статье // Сведения об источнике статьи. – Сведение о местоположении статьи в документе.

Статья из книги

Автор**.** Заглавие статьи**:** сведения, относящиеся к заглавию / сведения об ответственности (авторы статьи) // Заглавие книги: сведения, относящиеся к заглавию / сведения об ответственности (авторы книги); последующие

сведения об ответственности (редакторы, переводчики, коллективы). – Место издания**:** Издательство**,** Год издания. – Местоположение статьи (страницы).

Примечание:
Сведение об издательстве в области выходных данных книги можно упустить.

Примеры:
1. Майо-Знак, Э.О. Статистика печати / Э.О. Майо-Знак // Книговедение: энцикл. словарь. – М.: Сов. энцикл., 1982. – С. 517-519.
2. Воронцова, М.В. Федеральный и региональный компоненты содержания экологического образования/ М. В. Воронцова //XV международные Ломоносовские чтения: сб. научных трудов / ПГУ. – Архангельск: Изд-во ПГУ, 2003. – С. 476-477.

Статья из журнала
Автор**.** Заглавие статьи**:** сведения, относящиеся к заглавию / сведения об ответственности (авторы статьи) // Название журнала. – Год выпуска. – Номер выпуска. – Местоположение статьи (страницы).

Примечание:
Если статья размещена в двух и более журналах, то сведения о ее местоположении в каждом из номеров отделяют точкой с запятой.

Примеры:
1. Ладынин, И. А. Дафны в библейской и египетско-христианской традиции о финале царствования Априя: конец 570-х – начало 560-х годов до н. э./ И. А. Ладынин //Вестник древней истории. – 2004. – N 3. – С. 3–13.
2. Казаков, Н. А. Запоздалое признание / Н.Казаков // На боевом посту. – 2000. – № 9. – С. 64–76; № 10. – С. 58–71.

Литература

1. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.
2. ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов.
3. ГОСТ 7.12-93. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила.