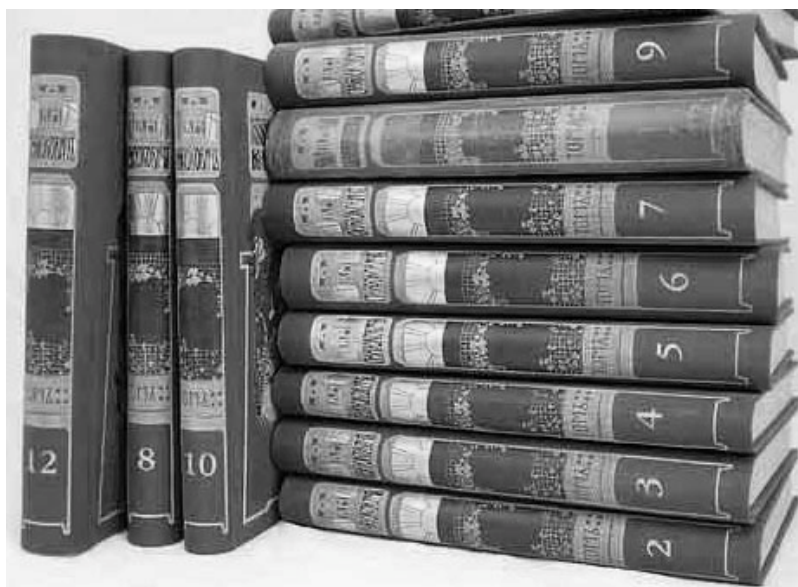


Т.А. ВАРТАНЯН, Г.Н. ВИНОГРАДОВА, Н.В. КАМАНИНА,  
Е.Ю. ПЕРЛИН

---

# ОПТИКА НАНОСТРУКТУР

Методические рекомендации



Санкт-Петербург  
2008

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

Т.А. Вартанян, Г.Н. Виноградова, Н.В. Каманина, Е.Ю. Перлин

## **ОПТИКА НАНОСТРУКТУР**

**Методические рекомендации**



Санкт-Петербург  
2008

УДК 621.373

Вартанян Т.А., Виноградова Г.Н., Каманина Н.В., Перлин Е.Ю. Оптика наноструктур. Методические рекомендации. – СПб: СПбГУ ИТМО., 2008. – 112 с.

Рекомендовано к изданию Ученым Советом факультета Фотоники и оптоинформатики. Протокол Совета № 10 от 24.06.08 г.

Методические рекомендации предназначены для магистрантов первого и второго курса факультета фотоники и оптоинформатики. В настоящее издание включены методические рекомендации по выполнению рефератов, курсовых проектов и СРС к двум дисциплинам образовательного модуля 1.1.67.1 «Оптика наноструктур» I этап «Физика»: 1) Современная физика и оптика твердого тела, оптика полупроводников, диэлектриков и металлов; 2) Наноструктуры в электронике, опто-информационных системах, биологии и медицине. Материал может быть рекомендован для студентов старших курсов физико-технических специальностей, а также при подготовке магистров и аспирантов, специализирующихся в области применения оптических методов в нанотехнологиях.



В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

© Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2008.

© Вартанян Т.А., Виноградова Г.Н., Каманина Н.В., Перлин Е.Ю., 2008.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>5</b>
<b>1. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ (СРС)</b>	<b>6</b>
1.1. Самостоятельная работа студентов без участия преподавателей	6
1.2. Самостоятельная работа студентов с участием преподавателей	6
1.3. Общие сведения об организации самостоятельной работы студентов	7
1.4. Усвоение лекционного материала	7
1.5. Подготовка к проведению лабораторной работы и оформление отчета	8
<b>2. РЕФЕРАТ</b>	<b>9</b>
2.1. Выбор темы	9
2.2. Содержание и объем	9
2.3. Оформление текста	10
2.4. Общие замечания и недочеты	10
<b>3. КУРСОВАЯ РАБОТА (ПРОЕКТ)</b>	<b>11</b>
3.1. Общие требования к выполнению курсовой работы	11
3.2. Выбор темы курсовой работы	12
3.3. Работа с рецензией и подготовка к защите курсовой работы	13
3.4. Публичная защита курсовой работы	14
3.5. Содержание курсовой работы	15
3.6. Рекомендации по оформлению курсовых работ	16
3.6.1. Титульный лист	17
3.6.2. Содержание	17
3.6.3. Введение	17
3.6.4. Основная часть	19
3.6.5. Заключение	20
3.6.6. Список литературы	20
3.6.7. Приложения	21
3.6.8. Оформление текста курсовой работы	21
3.7.9. Оформление списка литературы	24

<b>4. ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВЫХ РАБОТ</b>	<b>25</b>
4.1. Содержательные недостатки	25
4.2. Формальные недостатки	25
4.3. Несколько общих советов	25
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	<b>27</b>
<b>Приложение 1.</b> Программа дисциплины 1 «Современная физика и оптика твердого тела, оптика полупроводников, диэлектриков и металлов»	28
<b>Приложение 2.</b> Программа дисциплины 2 «Наноструктуры в электронике, опто-информационных системах, биологии и медицине»	43
<b>Приложение 3.</b> Набор тестовых заданий по дисциплине 1 «Физика твердого тела. оптика диэлектриков, полупроводников и металлов»	60
<b>Приложение 4.</b> Набор тестовых заданий по дисциплине 2 «Наноструктуры в электронике, опто-информационных системах, биологии и медицине»	91
<b>Приложение 5.</b> Образцы библиографических записей	104
<b>Приложение 6.</b> Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине 1 «Физика твердого тела. Оптика диэлектриков, полупроводников и металлов»	109
<b>Приложение 7.</b> Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине 2 «Наноструктуры в электронике, опто-информационных системах, биологии и медицине»	110

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены на основе государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования [1] с учётом специфики подготовки магистрантов по направлению НОИ4 «Фотоника и оптоинформатика» к модулю 1.1.67.1 «Оптика наноструктур» I этап «Физика».

Модуль 1.1.67.1 «Оптика наноструктур» I этап «Физика» содержит две дисциплины:

1. Современная физика и оптика твердого тела, оптика полупроводников, диэлектриков и металлов (два семестра).
2. Наноструктуры в электронике, опто-информационных системах, биологии и медицине (два семестра).

По этим дисциплинам предусматриваются следующие аудиторные занятия:

- лекции с применением компьютерных презентаций;
- лабораторные работы;
- практические занятия с решением задач и проведением численных расчетов;
- семинары;
- самостоятельная работа студентов (СРС)

Учебные программы предусматривают два основных вида самостоятельной работы студентов (СРС) - аудиторную под руководством преподавателя и внеаудиторную (без участия преподавателей).

## **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 семинарам и лабораторным работам, их оформление;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.
- подготовка и написание рефератов или докладов на заданные темы (студенту предоставляется право выбора темы);
- выполнение курсовых проектов (работ);
- составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний; перевод научных статей; подбор и изучение литературных источников (не является обязательным);
- выполнение исследований (не является обязательным);
- подготовка к участию в научно-технических конференциях (не является обязательным).

### **1.2. Самостоятельная работа студентов с участием преподавателей**

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- коллоквиум как форма контроля освоения теоретического содержания дисциплин: (в часы консультаций, предусмотренных учебным планом);
- прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);
- получение допуска и защита лабораторных работ (во время проведения лабораторных работ);
- выбор темы реферата (в часы практических занятий);
- выбор темы курсовых работ: руководство, консультирование и защита курсовых работ (в часы, предусмотренные учебным планом);
- выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, консультирование и защита УИРС).

### **1.3. Общие сведения об организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов проводится в объемах, предусмотренных учебным планом, и регламентируется выдачей домашних заданий на лекционных, практических и лабораторных занятиях с проверкой исполнения на последующих занятиях или консультациях. При выполнении курсовых работ руководство СРС осуществляется в форме плановых 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 входят:

- программы курсов лекций (Приложение 1, Приложение 2);
- учебная литература: учебное пособие, руководство по выполнению лабораторных работ [2-4];
- вопросы и задания для самостоятельной работы студентов (см. Приложение 1, 2);
- методические рекомендации по организации самостоятельной работы при выполнении заданий по разным видам занятий, включая курсовые работы (проекты).

### **1.4. Усвоение лекционного материала**

Рекомендуется перед каждой лекцией прочитывать конспект предыдущей лекции, что способствует лучшему восприятию нового материала.

Рекомендованная преподавателями литература и учебные пособия (смотри список литературы Приложение 1, 2) 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, программы курсов лекций содержат вопросы для самоконтроля.

Для оценки уровня усвоения знаний служит набор тестовых заданий к каждому модулю дисциплин (Приложение 3, 4). Вопросы и задачи в заданиях требуют от студента не только воспроизведения знаний, но и проявления творчества.



Уровень знаний студента по каждому модулю дисциплины оценивается количеством баллов.

**Таблица 1.** Оценка уровня знаний по одному модулю дисциплины

<b>Форма контроля</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>
Работа на практических занятиях	30
Выполнение домашних заданий	40
Тестирование	30
<b>ИТОГО:</b>	<b>100</b>

### **1.5. Подготовка к проведению лабораторной работы и оформление отчета**

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

1. Подготовиться к экспресс-опросу по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы (для получения допуска к лабораторной работе).
2. Подготовить и оформить план выполнения лабораторной работы.
3. После выполнения лабораторной работы провести расчеты полученных данных и оформить отчет.
4. 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 [4].

## 2. РЕФЕРАТ

### 2.1. Выбор темы

В течение первого семестра каждой дисциплины студент должен оформить и защитить реферат. Тему реферата студенты выбирают из списка, предложенного преподавателями. Примеры тем рефератов представлены в программах курсов лекций (см. Приложение 1, 2), однако они могут изменяться и дополняться. Студент также может предложить собственную тему, обосновав при этом целесообразность ее разработки, или уточнить редакцию предлагаемой темы по согласованию с преподавателем.

Рационально подбирать тему реферата таким образом, чтобы она вместе с курсовой работой и магистерской диссертацией составляла единую систему последовательно усложняемых и взаимосвязанных работ. Например, реферат в последствии может быть использован при написании одной из глав магистерской диссертации. По желанию и по согласованию с преподавателем студент может представить в качестве реферата обзор литературы по предложенной теме, доклад или тезисы выступления на научной конференции, перевод научных статей с краткой аннотацией, составленной самим студентом.

Реферат должен отвечать определенным требованиям (стандартам) по содержанию и оформлению.

### 2.2. Содержание и объем

Объем реферата зависит от сложности темы и доступности литературных источников. Как правило, объем реферата составляет 10 – 15 страниц (вместе с титульным листом и списком литературы).

По *содержанию* он, 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.

*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 пояснения 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.

### **2.3. Оформление текста**

Текст печатается на одной стороне бумаги формата А4 в редакторе Microsoft Word, шрифт Times New Roman, размером 14 через одинарный межстрочный интервал, с полями 2,5 × 2,5 × 2,5.

Список литературы оформляется согласно правилам оформления печатных работ (см. Приложение 5).

### **2.4. Общие замечания и недочеты**

Как правило, студенты допускают следующие недочеты:

1) *по содержанию*:

- вместо кропотливой самостоятельной работы над изучением рекомендованной литературы - дословно списывают текст из учебной литературы или научных статей;
- в работе используют устаревшую литературу;
- отсутствуют обоснованные 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.

### **3. КУРСОВАЯ РАБОТА (ПРОЕКТ)**

Курсовая работа выполняется в соответствии с установленным учебным планом в течение второго семестра дисциплины и является обязательной формой отчета.

Целью выполнения курсовой работы является формирование у студентов навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности и оформления полученных результатов. Задачи курсовой работы состоят в систематизации, закреплении и расширении теоретических знаний, полученных на лекциях и семинарах.

По желанию студент может представить подготовленную к печати научную статью (например, обзор литературы по актуальной теме), тезисы доклада на научной конференции, что не является обязательным для всех студентов, но учитывается при защите курсовой работы.

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

#### **3.1. Общие требования к выполнению курсовой работы**

Основное внимание студент должен уделить всестороннему и глубокому теоретическому освещению изучаемой проблемы, как в целом, так и отдельных ее частей. Важно, чтобы материал курсовой работы излагался логически последовательно и четко.

Для полного и правильного раскрытия содержания избранной темы курсовой работы студенту необходимо:

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

Одним из важнейших требований, предъявляемых к студентам, является самостоятельное и творческое выполнение курсовой работы.

Этапы подготовки курсовой работы оцениваются руководителем. Отставание в сроках влияет на общую оценку.

Выполнение курсовой работы целесообразно расчленить на 6 этапов:

1. выбор темы;
2. подбор и изучение литературы;
3. составление плана работы;

4. сбор и обработка фактического и статистического материала;
5. написание курсовой работы;
6. защита курсовой работы.

### **3.2. Выбор темы курсовой работы**

Темы курсовых работ предлагаются преподавателями дисциплины и утверждаются на заседании кафедры (примеры тем курсовых работ смотри в Приложениях 6, 7). Студент также может предложить собственную тему, обосновав при этом целесообразность ее разработки, или уточнить редакцию предлагаемой темы по согласованию с руководителем.

Рационально подбирать тему курсовой работы, согласующейся с темой будущей магистерской диссертации. Курсовая работа оценивается руководителем только по итогам проведения процедуры защиты. При защите работы студент учится не только правильно излагать свои мысли, но и аргументировано отстаивать, защищать выдвигаемые положения.

Наиболее сильные, творчески выполненные курсовые работы могут быть рекомендованы научным руководителем к представлению на ежегодные конкурсы студенческих научных работ, либо для подготовки к публикации в научных изданиях.

После утверждения темы курсовой работы и назначения научного руководителя, студент составляет и согласовывает с ним график работы. Студент с помощью руководителя составляет первоначальный список литературы по теме работы, 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. В ходе предварительного обсуждения выбранной темы с научным руководителем и в процессе выполнения работы тема может быть отредактирована по согласованию между научным руководителем и студентом.

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 отдельных разделов курсового проекта.

Курсовые работы должны отвечать определенным требованиям (стандартам) по содержанию и оформлению.

### **3.3. Работа с рецензией и подготовка к защите курсовой работы**

Написанная студентом курсовая работа должна быть представлена в окончательном варианте руководителю для рецензирования и получения последних рекомендаций не позднее, чем за 15 дней до назначенной даты защиты. На титульном листе фиксируется срок представления. Студенты, не представившие в срок курсовые работы, не допускаются к публичной защите. В этом случае срок защиты переносится. Оценка курсовой работы, представленной позже установленного срока, снижается, как минимум, на один балл. Работа не допускается к защите, если она не носит самостоятельного характера, списана из литературных источников или у других авторов, если основные вопросы не раскрыты, изложены схематично, в тексте содержатся ошибки, научный аппарат оформлен неправильно, текст написан небрежно.

Отчет представляется в распечатанном виде (переплетенном или в обложке). Дополнительно прилагаются электронные носители информации, содержащие программы, данные или объемные приложения, включение которых в текст работы является нецелесообразным.

Основанием для допуска к защите является письменный отзыв научного руководителя. Без процедуры защиты курсовая работа студенту зачтена быть не может.

При подготовке к защите курсовой работы студент должен внимательно изучить рецензию научного руководителя и постраничные замечания (если они есть). В рецензии может быть предварительная оценка в форме вывода: «Работа допускается к защите» или «Работа не допускается к защите». Окончательная оценка, дается после защиты. Если работа не допускается к защите, то она должна быть студентом переработана в соответствии с рецензией и вновь предоставлена руководителю. Студенту без согласования менять тему курсовой работы не разрешается.

Если в рецензии имеются замечания, которые неясны студенту или, на его взгляд, неправомерны, необходимо с помощью руководителя уяснить суть замечаний, а в ходе защиты курсовой работы привести дополнительные доказательства для обоснования своей позиции. При наличии ошибок в работе, студенту следует уяснить суть своих ошибок, а затем исправить их. Очень важно обратить внимание на пожелания и рекомендации руководителя, изучить дополнительные источники, указанные им в рецензии.

Таким образом, подготовка к защите курсовой работы включает устранение ошибок и недостатков, изучение дополнительных источников, указанных в рецензии, осмысление написанного в работе, готовность объяснить любые приведенные в работе положения.

### 3.4. Публичная защита курсовой работы

Условием получения оценки по курсовой работе является не только подготовка текста, но и устная защита. К защите допускаются готовые работы – окончательный вариант, исправленный на основании замечаний руководителя. К защите допускаются работы, имеющие письменный отзыв руководителя. Защита проводится как на практических занятиях, так и во внеурочное время. Автор работы выступает с докладом, в котором излагает основные итоги работы над проблемой, выводы и рекомендации. Продолжительность выступления 5 – 10 минут. В целях повышения эффективности и степени усвоения возможно использование наглядного материала. На защите присутствуют студенты из группы и руководитель работы. Во время защиты необходимо ответить на заданные вопросы.

Защита и оценка курсовой работы – это подведение итогов самостоятельной работы студента по курсу. Критериями оценки курсовой работы являются:

- актуальность и степень разработанности темы;
- завершенность и полнота решения всех задач, которые в работе поставил сам автор;
- взаимосвязь теоретических и практических сведений;
- самостоятельность изложения, творческий подход к рассматриваемой проблеме, умение излагать и аргументировать свою точку зрения;
- логичность и грамотность изложения материала, владение терминологией и стилем научного изложения;
- качество оформления работы.

Доклад начинается с представления докладчика, названия курсовой работы и представления руководителя.

Доклад включает в себя изложение цели проведения исследований, обоснование актуальности выполнения данной работы, краткое изложение полученных результатов и заключение. Заканчивается доклад фразой «спасибо за внимание» или любой другой, обозначающей окончание выступления.

Итоговая оценка за курсовую работу зависит от следующих оценок:

- оценки руководителя;
- оценки публичной защиты;
- оценки оформления работы.

Выступление с докладом по итогам курсовой работы на студенческой научной конференции может быть засчитано в качестве публичной защиты.

### 3.5. Содержание курсовой работы

Курсовая работа должна быть написана 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.

Курсовая работа по данным дисциплинам, как правило, представляет собой:

1. реферативный обзор, систематизацию и анализ публикаций по определенной тематике, связанной с изучаемой специальностью.
2. исследование актуальной задачи по специальности;
3. разработку программного обеспечения.

*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 работы в конкретных областях и возможные направления дальнейших исследований.

*Исследование актуальной задачи включает следующие разделы:*

- Описание (постановка) задачи.
- Обоснование актуальности задачи.
- Обзор информации, содержащейся в открытых источниках, посвященных данной задаче или области исследований.
- Исследование задачи:
  - классификация задачи, т. е. отнесение ее к некоторому известному классу задач;
  - описание известных методов решения задач этого класса;
  - описание особенностей исследуемой задачи, ее отличительных черт, которые не позволяют применять существующие методы в стандартном виде;
  - предложения по модификации существующих методов для решения задачи (близких задач) или по модификации самой задачи для применения существующих методов;
  - описание предлагаемых методов решения или подходов к решению с обоснованием их применимости к данной задаче;



- описание возникающих в процессе решения проблем или других побочных, вспомогательных или параллельных задач.

*Разработка программного обеспечения включает следующие разделы:*

1. Постановка задачи:
  - описание метода и аппаратуры получения данных;
  - описание процессов обработки информации, управления и т. п., требующих автоматизации;
  - обоснование необходимости разработки.
2. Описание математической задачи:
  - постановка задачи;
  - исследование задачи;
  - математическая модель;
  - метод решения возникающей математической задачи;
  - алгоритм, реализующий метод решения;
  - алгоритмы обработки данных;
  - назначение и функции программы, режимы работы программы;
  - описание входных данных;
  - описание выходных данных;
  - технические характеристики: тип и минимально необходимые аппаратные ресурсы вычислительной системы, требуемое программное обеспечение и т. п.
  - описание возникших в процессе разработки проблем, их причины, предложения по решению;
  - направления дальнейшего развития программного обеспечения.

### **3.6. Рекомендации по оформлению курсовых работ**

Текст курсовой работы оформляется в принятом для научных работ виде в соответствии с ГОСТ 2.105-95. Общепринята следующая структура курсовой работы [5]:

1. титульный лист;
2. содержание;
3. введение;
4. основная часть;
5. заключение;
6. список литературы;
7. приложения.

При оформлении текста курсовой работы следует учитывать, что работа начинается с *титульного листа*. На следующей странице помещается *содержание*. *Введение* должно содержать общую постановку проблемы. В *основной части* непосредственно раскрывается проблема. При этом важно не только продемонстрировать существо вопроса, но и

отразить особенности трактовок различных авторов. *Заключение* содержит выводы, итоги курсовой работы, где поощряется самостоятельность суждений и оценок. Перечень использованной *литературы* следует оформлять в виде библиографического списка. Не вошедшие в основной текст материалы приводятся в конце работы в виде *приложений*.

Рассмотрим более подробно структуру курсовой работы.

### **3.6.1. Титульный лист**

На титульном листе указываются полное название ведомства, университета, факультета, кафедры, тема работы, фамилии автора и руководителя, 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.

### **3.6.2. Содержание**

Содержание включает номера и наименования разделов и подразделов (глав, параграфов) с указанием начальных номеров листов (страниц). Слово "Содержание" записывают в виде заголовка. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

### **3.6.3. Введение**

Введение содержит краткий обзор работы, позволяющий составить общее представление об исследуемой проблеме и полученных результатах.

Во введении автор должен подчеркнуть актуальность избранной проблемы, сформулировать цель написания работы и те задачи, которые последовательно будут решаться в работе. Введение – очень ответственная часть научной работы, поскольку оно не только ориентирует читателя в дальнейшем раскрытии темы, но и содержит все необходимые квалификационные характеристики самой работы. Поэтому основные части введения к научной работе рассмотрим подробно.

Введение (объемом 1 – 4 страницы) целесообразно писать после того, как исследование полностью выполнено и написаны основные главы. В нем дается характеристика основным аспектам научного исследования (актуальность исследования, его цель, проблема, объект, предмет, основная и вспомогательная гипотеза, задачи, методика, научная новизна, теоретическая и практическая значимость) и кратко освещается проделанная работа.

Начинать «Введение» целесообразно с постановки проблемы, обоснования выбора темы и раскрытия содержания основных понятий, фигурирующих в названии работы. Кратко следует остановиться на раскрытии основных теоретических положений, подходах и понятий, т.е. на теоретико-методологической основе исследования.

**Актуальность темы исследования** — степень ее важности в данный момент и в данной ситуации для решения проблемы, вопроса или задачи (проблема отвечает современным практическим задачам, привлекает внимание многих исследователей, требует прояснения и дополнения, нуждается в новых методических инструментах и т.д.). Освещение актуальности не должно быть многословным.

Актуальность темы может характеризоваться: 1) не изученностью выбранной темы; 2) возможностью решения определенной практической задачи на основе полученных в исследовании данных.

**Цель** — это то, что мы хотим получить при проведении исследования, некоторый образ будущего.

**Проблема исследования или постановка проблемы** — это формулирование противоречия (между различными точками зрения авторов, между системой и предъявляемыми к ней требованиями и т.д.). Проблемой также могут быть противоречивые результаты, полученные разными авторами.

**Объект исследования** — процесс или явление, порождающее проблемную ситуацию и избранное для изучения.

**Предмет исследования** — то, что находится в границах объекта. Предмет исследования определяет тему исследования. Объект и предмет исследования соотносятся между собой как целое и часть или как общее и частное.

**Гипотеза исследования** — предположение, выдвигаемое для объяснения какого-либо явления, которое не подтверждено и не опровергнуто, предполагаемое решение проблемы. Она определяет главное направление научного поиска. К научной гипотезе предъявляются два требования:

- Гипотеза *не должна* содержать понятий, которые не уточнены.
- Гипотеза *должна* быть проверяемой при помощи имеющихся методик.

Не всегда с самого начала исследования удастся точно сформулировать гипотезу. Зачастую она обретает свое окончательное содержание только в процессе исследования.

**Задачи исследования** — это те исследовательские действия, которые необходимо выполнить для достижения поставленной в работе цели, решения проблемы или для проверки сформулированной гипотезы исследования.

**Методы исследования:** указываются методы и методики, с помощью которых было произведено исследование с указанием литературных источников.

**Новизна и значимость** заключается в кратком изложении нового видения проблемы, новых методических разработок, уточнении некоторых концептуальных положений, практической значимости. Новизна и

значимость курсовой (магистерской) работы может иметь субъективный характер для автора работы.

Нецелесообразно начинать писать работу с введения. Это методически неверно. Рекомендуется начать работу с одного из разделов. Не обязательно с первого. Только после написания разделов работы следует приступить к подготовке введения.

#### **3.6.4. Основная часть**

В основной части раскрывается содержание темы. Эту часть рекомендуется разделить на 2 – 4 главы (разделов), которые можно, в свою очередь, разделить на параграфы или подразделы. Основное содержание, состоящее, например, из теоретической и экспериментальной частей может быть разделено на две главы и подразделы:

Глава 1. Теоретическая часть

1.1.

1.2.

Глава 2. Экспериментальная часть

2.1. Цель, гипотеза и задачи исследования

2.2. Методика(и) исследования

2.3. Результаты исследования

2.4. Обсуждение результатов

2.5. Выводы

Названия глав и параграфов (подразделов) не должны дублировать название темы курсовой работы. Увеличивать число вопросов не следует, так как это приведет к поверхностной разработке или значительному превышению объема курсовой работы. Изложение каждого вопроса надо четко ограничивать, чтобы можно было ясно видеть, где начинается и где заканчивается их освещение. После каждого параграфа или главы следует сделать выводы по решению конкретных задач, поставленных в данной главе.

Главы и параграфы необходимо соотносить друг с другом по объему представленного материала. Заголовки глав и параграфов должны быть лаконичными и соответствовать их содержанию.

В основной части курсовой работы обобщаются сведения из разных литературных источников по данной теме, излагается аргументированный авторский подход к рассмотренным концепциям, точкам зрения. В работах практической направленности обязательно должна быть глава, описывающая методики и технику конкретного авторского исследования, и, собственно, само эмпирическое исследование. Специальные методические рекомендации и указания студенту предоставляются научным руководителем. В курсовой работе практическая часть не обязательно должна носить обширный характер, но вместе с тем должна

быть такой, чтобы студент мог освоить практические, эмпирические, статистические, математические и т.п. методы конкретной науки.

При использовании фактического материала необходимо соблюдать известные правила:

1. Данные следует приводить к абсолютным или относительным значениям и при их сравнении обязательно в одинаковых единицах измерения;
2. Для доказательства определенной закономерности или тенденции требуется привести не одну, а ряд цифр, которые раскрыли бы сущность процесса.
3. Для наглядности цифровые данные могут быть сведены в таблицы, диаграммы и графики, т.е. подвергнуты обработке.

Объем основной части работы должен примерно содержать 15 – 20 страниц текста.

### **3.6.5. Заключение**

Заключение содержит краткое изложение выводов по теме работы. Заключение не должно носить характер сжатого пересказа всей работы, в нем должны быть изложены только итоговые результаты в их соотношении с целью и задачами, сформулированными во введении.

В некоторых случаях возникает необходимость указать пути продолжения исследования темы, формы и методы ее дальнейшего изучения, а также конкретные задачи, которые придется решать будущим исследователям.

Заключение содержит перечень основных результатов, полученных в работе. В него могут включаться рекомендации относительно перспектив продолжения данной работы. Заключение должно содержать краткие выводы по результатам исследования (1 - 3 страницы).

### **3.6.6. Список литературы**

После «заключения» помещается список литературы. Список литературы является обязательной составной частью курсовой работы 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 курсовой работы желательно конспектировать.

### 3.6.7. Приложения

Вспомогательные или дополнительные материалы, которые загромождают текст основной части работы, помещают в *приложении*. Это могут быть расчеты, 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. Если приложений много, то допускается создание отдельной папки приложений, которая имеет титульный лист, оформленный аналогично основной работе. Под названием темы в скобках указывается, что это папка приложений.

### 3.6.8. Оформление текста курсовой работы

Печатать текст следует на одной стороне листе формата А4 (210 x 297 мм) с полями 2,5 × 2,5 × 2,5. Текст печатается через один интервал, красная строка – 1,25 см. Шрифт: Times New Roman Cyr, размер шрифта – 14 пт.

**Нумерация страниц и разделов.** 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.

Основную часть работы состоит из разделов, подразделов, глав, параграфов, пунктов и подпунктов. Они нумеруются (кроме введения, заключения, списка литературы, приложений) арабскими цифрами.

Пример:

- Раздел 1.,
- Подраздел 1.1.,
- пункт 1.1.1.,
- подпункт 1.1.1.1.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Слово «раздел» не пишется.

Заголовки разделов, Введение, Заключение, Оглавление, Список литературы, Приложения располагают в середине строчки без точки в

конец сроки. Переносы в заголовках не допускаются. Каждую главу рекомендуется начинать с новой страницы.

**Графический материал.** Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки, рисунки) следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице, если в указанном месте они не помещаются.

На все иллюстрации должны быть даны ссылки в работе. Например, «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела. Допустима также ссылка на иллюстрацию заключенная в скобках, например, (рисунок 4).

Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах всей работы. 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:

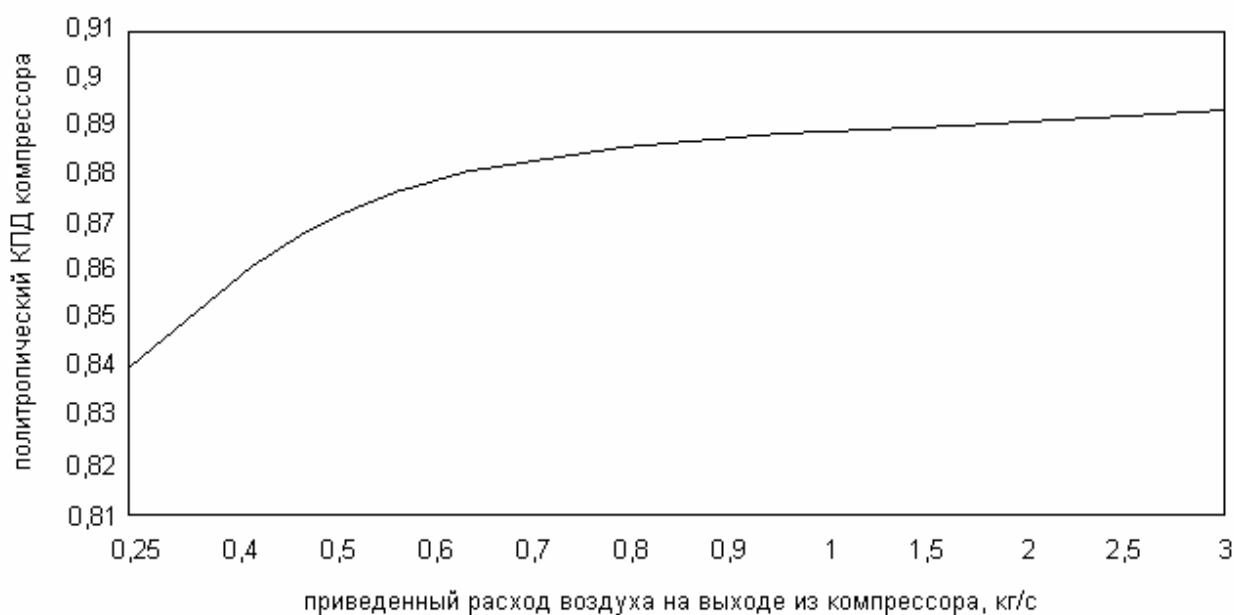


Рисунок 1. Зависимость политропического КПД осецентрированного компрессора от приведенного расхода воздуха на выходе из двигателя

**Таблицы.** Цифровой материал рекомендуется помещать в работе в виде таблиц. Таблицу следует располагать в работе 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 Графу «№ п/п» в таблицу включать не следует.

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 уместится 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 работе 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.



### **3.6.9. Оформление списка литературы**

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.

Произведения одного автора расставляются в списке по алфавиту заглавий или по годам публикации, в прямом хронологическом порядке (такой порядок группировки позволяет проследить за динамикой взглядов определенного автора на проблему). Оформление списка осуществляется по ГОСТ 7.1-2003 (Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления); ГОСТ 7.82-2001 (Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов.); ГОСТ 7.12-93 (Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила). Подробней правила оформления списка литературы см. Приложение 5.

## **4. ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВЫХ РАБОТ**

Студенты должны помнить, что автор работы полностью отвечает за содержание и оформление работы. Поэтому невыполнение указанных рекомендаций может повлечь за собой возвращение курсовой работы по мотивам формального несоответствия выполненной работы требованиям, которые к ней предъявляются.

Как правило, студенты допускают следующие недостатки:

### **4.1. Содержательные недостатки:**

- дословно списанный текст из учебной литературы;
- отсутствие в работе анализа темы и собственных мыслей автора;
- в работе использована устаревшая литература;
- отсутствуют обоснованные выводы;

### **4.2. Формальные недостатки:**

- работа не структурирована (не разделена на логические части) соответственно плану работы;
- отсутствует список литературы;
- список литературы не отвечает указанным в работе сноскам или сноски вообще отсутствуют;
- объем работы мал (меньше 15 листов), велик (больше 40 листов);
- не выполнена практическая задача;
- в работе много орфографических ошибок, опечаток, описок.

### **4.3. Несколько общих советов**

Если студент привык заботиться о своем будущем, то он начнет задумываться о своей курсовой, а тем более, магистерской диссертации, гораздо раньше своего научного руководителя. Рационально начинать эту работу в самом начале семестра. И, прежде всего, следует оговорить тематику работы с вашим научным руководителем. Конечно, название работы может измениться в процессе работы над ней, но само направление исследования лучше сразу определить достаточно точно. Этому следует посвятить не одну встречу с вашим руководителем и детально обсудить общую проблематику, наметить хотя бы в самом общем виде план работы.

Прежде всего, вам надо научиться составлять библиографию по вашей теме. Это можно делать в классическом варианте на карточках, где вы указываете автора работы, год, место и издательство, а также количество страниц. (То же относится и к статьям в журналах или сборниках). Вы можете делать библиографию с помощью компьютера, внося необходимые пометки или достаточно обширные комментарии. Очень часто, особенно на первых этапах работы, студент совершает одну и

ту же ошибку: читает и конспектирует достаточно много текстов, но оставляет их в «необработанном виде», полагая, что обратится к ним потом. Но потом оказывается, что многое забыто и приходится читать тексты вновь и вновь. Рациональнее прочитанный и законспектированный текст (или его фрагменты) превращать в более или менее внятные части вашей работы. Если вы пишете «по старинке», то есть ручкой на бумаге, то заведите себе несколько папок для различных глав (параграфов) проекта, в которых и храните эти наработанные вами фрагменты. Если вы работаете на компьютере, то заведите себе разветвленную сеть файлов, представляющую оглавление вашей работы. В этом случае вы будете сводить файлы в общий текст, корректируя его.

Оговорите с вашим руководителем периодичность встреч и консультаций и постарайтесь приходить на них с четким перечнем вопросов или частями текста вашей работы. Некоторые студенты откладывают встречу с руководителем до окончания написания текста, что может привести к плачевным результатам, ибо качество их работы может быть оценено отрицательным образом, а времени для кардинальной переработки текста уже не будет.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки НОИ4 «Фотоника и оптоинформатика». – М., 2000.
2. Каманина, Н.В. Жидкие кристаллы — перспективные материалы оптоэлектроники. Свойства и области применения: Учеб. пособие / Н.В. Каманина. – СПб.: СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2004. – 84 с.
3. Каманина, Н.В. Новые оптические материалы — фуллерены. Свойства и области применения: Учеб. пособие / Н.В. Каманина. – СПб.: СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2002. – 64 с.
4. Лазерные технологии: Учеб. пособие / Г.Н. Виноградова, Ю.М. Воронин, Г.М. Ермолаева, Н.В. Каманина, В.Н. Смирнов, В.Б. Шилов. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2007. – 47 с.
5. Рекомендации по оформлению курсовых работ: [http://www.lib.pomorsu.ru/elib/text/biblio/oformlenie\\_rabot.htm](http://www.lib.pomorsu.ru/elib/text/biblio/oformlenie_rabot.htm).

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 1

**Современная физика и оптика твердого тела, оптика  
полупроводников, диэлектриков и металлов**

*Образовательная магистерская программа «Оптика наноструктур»  
по направлению подготовки НОИ4 «Фотоника и оптоинформатика».*

*Программу составили: профессор, д.ф-м.н. Перлин Е.Ю., профессор, д.ф-м.н. Вартанян Т.А., кафедра Оптической физики и современного естествознания*

*Факультет фотоники и оптоинформатики, Санкт-Петербург, 2007.*

**Цель дисциплины** – подготовка специалистов, владеющих современными теоретическими знаниями, экспериментальными методами научно-исследовательской работы и прикладной деятельности в области физики и оптики твердого тела и наноструктур.

**Задачи дисциплины** – получение студентами (магистрантами) набора знаний, умений и навыков по тем разделам квантовой физики и оптики твердого тела, которые обеспечивают полноценное освоение основных понятий, методов и приложений оптики наноструктур. Предусматривается получение студентами сведений о различных типах кристаллических и некристаллических твердых тел, их электронных и колебательных подсистемах, об элементарных возбуждениях и взаимодействиях между ними, о свойствах границ твердых тел и об основных типах оптических процессов.

**Место дисциплины среди других дисциплин учебного плана.** Для освоения данной дисциплины необходимы знания, полученные в рамках общего курса физики, курсов теоретической механики, электродинамики, квантовой механики, а также математических дисциплин — линейной алгебры, анализа, теории функций комплексного переменного. В свою очередь, знания, умения и навыки, полученные в рамках данного курса, используются при изучении курсов по нанофизике, нанооптике и нанотехнологиям, по оптической спектроскопии, в том числе, нелинейной, конденсированных сред.

**Требования к уровню освоения содержания дисциплины.** В результате изучения дисциплины студенты магистранты должны получить знания вопросов классификации твердых тел, основных понятий и методов описания кристаллических решеток, межатомных взаимодействий, различных типов колебаний решетки, электронной зонной структуры, электрон-колебательного взаимодействия, физики твердотельной плазмы, физика поверхности, оптических свойства в широком спектральном диапазоне от инфракрасного до ультрафиолетового. Предполагается умение самостоя-

тельно работать с учебной и научной литературой по указанному кругу вопросов, выполнять качественные и количественные оценки параметров, характеризующих изученные в рамках данного комплекса свойства твердых тел, включая, в первую очередь, оптические свойства. Должны быть приобретены навыки экспериментальной работы в области электрических, оптических и электрооптических свойств твердых тел, фотофизики поверхностных явлений.

**Таблица 1. Аудиторная нагрузка**

№ модуля	Наименование модулей дисциплины	Аудиторная нагрузка, кредиты/часы				Формы контроля
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего часов	
1	2	3	4	5	6	7
1	Кристаллические решетки, дифракция волн и частиц на кристаллах, теория металлов Друде-Зоммерфельда	6	2		9	тестирование, собеседование
2	Межатомные взаимодействия и силы сцепления в твердых телах, твердотельная плазма	6	2		11	тестирование, собеседование
3	Электронные состояния, оптические явления	4	4	6	12	тестирование, защита лабораторных работ
4	Колебания решетки и тепловые свойства	4	2		6	тестирование
5	Пространственно ограниченные твердые тела, наноструктуры	6	2	6	12	тестирование, защита лабораторных работ
	<b>ИТОГО:</b>	26	12	12	50	

**Таблица 2. Содержание теоретических занятий (лекций)**

№ темы	№ Модуля	Наименование и объем тем теоретических занятий
1	2	3
1	1	<i>Кристаллические решетки и их математическое описание (2 ч.):</i> 1. Кристаллические структуры. 2. Симметрия кристаллов. 3. Обратная решетка и зона Бриллюэна.
2	1	<i>Дифракция волн и частиц на кристаллах (2 ч.):</i> 4. Дифракция рентгеновских волн. 5. Дифракция электронов 6. Дифракция блоховских волн. 7. Явления на границе зоны Бриллюэна.
3	1	<i>Теория металлов Друде-Зоммерфельда (2 ч.):</i> 1. Основные представления теории Друде и теории Зоммерфельда. 2. Эффект Холла и магнетосопротивление. 3. Высокочастотная электропроводность. 4. Теплопроводность. Эффекты Видемана-Франца и Зеебека в теории Друде. 5. Химический потенциал, теплоемкость и термоэдс в теории металлов Зоммерфельда.
4	2	<i>Силы сцепления и межатомные взаимодействия в неметаллических твердых телах (2 ч.):</i> 1. Вандерваальсово взаимодействие в молекулярных кристаллах. Классическое описание. 2. Вандерваальсово взаимодействие в молекулярных кристаллах. Квантовое описание. 3. Ионная связь. 4. Ковалентная связь.
5	2	<i>Твердотельная плазма (2 ч.):</i> 1. Параметры, характеризующие взаимодействия в плазме. 2. Длина экранирования. 3. Частота плазменных колебаний. 4. Пространственная дисперсия в плазме.

Продолжение таблицы 2

1	2	3
6	2	<p><i>Металлическая связь (2 ч.):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные характеристики металла.</li> <li>2. Расчет экранирования в металле. Электрон-ионный потенциал.</li> <li>3. Экранирование ион-ионного потенциала. Косвенное ион-ионное взаимодействие через поле поляризации валентных электронов.</li> <li>4. Псевдопотенциалы в металле.</li> <li>5. Хартри-фоковская и корреляционная энергия в металле.</li> </ol>
7	3	<p><i>Электронные состояния (2 ч.):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методы расчета зонной структуры.</li> <li>2. Зонная структура полупроводников и полуметаллов.</li> <li>3. Эффективная масса.</li> <li>4. Экситоны.</li> </ol>
8	3	<p><i>Оптические явления (2 ч.):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дисперсионные соотношения.</li> <li>2. Классическая и квантовая модели диэлектрической проницаемости.</li> <li>3. Решеточное поглощение.</li> <li>4. Поглощение света свободными электронами и дырками.</li> <li>5. Прямые и непрямые междузонные переходы.</li> <li>6. Поглощение в экситонной области спектра.</li> <li>7. Многофотонное поглощение и комбинационное рассеяние света в твердых телах.</li> </ol>
9	4	<p><i>Теплоемкость решетки. Колебаний трехмерной решетки. Фононы (1 ч.):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплоемкость решетки. Модели Эйнштейна и Дебая.</li> <li>2. Дисперсия колебаний в трехмерной решетке. Акустические и оптические фононы.</li> <li>3. Методы изучения фононного спектра. Рассеяние нейтронов.</li> <li>4. Соотношение Лиддана-Сакса-Теллера.</li> <li>5. Дисперсия решеточной диэлектрической проницаемости. Фонон-фотонные поляритоны.</li> </ol>
10	4	<p><i>Ангармонические эффекты (1 ч.):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение состояния, тепловое расширение.</li> <li>2. Параметр Грюнайзена.</li> <li>3. Столкновения фононов.</li> <li>4. Процессы переброса и теплопроводность.</li> </ol>



**Продолжение таблицы 2**

1	2	3
11	4	<p><i>Электрон-фононное взаимодействие. Поляроны (2 ч.):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Взаимодействие электронов с акустическими фононами. Деформационный потенциал.</li> <li>2. Взаимодействие электронов с оптическими фононами. Гамильтониан Фрелиха.</li> <li>3. Поляроны.</li> </ol>
12	5	<p><i>Микроскопическое строение реальной поверхности твердого тела. Кинетика поверхностных процессов (2 ч.):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Граница раздела твердое тело – вакуум. Релаксация и реконструкция поверхности.</li> <li>2. Поверхностная энергия. Равновесная форма пространственно-ограниченного твердого тела.</li> <li>3. Строение реальной поверхности: террасы, ступени, изломы.</li> <li>4. Границы раздела твердое тело–газ. Энергия связи атомов с поверхностью.</li> </ol>
13	5	<p><i>Макроскопические процессы на поверхности твердого тела (2 ч.):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Адсорбция и десорбция. Изотерма Ленгмюра.</li> <li>2. Кинетика адсорбционных явлений. Поверхностная диффузия.</li> <li>3. Граница раздела трех фаз: твердое тело, жидкость, газ.</li> <li>4. Смачивание и растекание. Формула Юнга</li> <li>5. Свойства наноструктурированных поверхностей.</li> <li>6. Коллективные электронные возбуждения на границе раздела сред: поверхностный плазмонный резонанс и плазмоны, локализованные в металлических наночастицах.</li> </ol>
14	5	<p><i>Наноструктуры (2 ч.):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Размерное квантование. Структуры с квантовыми ямами, проводящими каналами и точками.</li> <li>2. Экситоны в наноструктурах.</li> <li>3. Электрооптические эффекты в наноструктурах.</li> <li>4. Нелинейные оптические явления в наноструктурах.</li> </ol>
<b>ИТОГО</b>		<b>Лекций - 16 часов</b>

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### **МОДУЛЬ 1. Кристаллические решетки, дифракция волн и частиц на кристаллах, теория металлов Друде-Зоммерфельда**

#### **Тема 1. Кристаллические решетки и их математическое описание**

1. Описать соответствие между типом кристаллической решетки и электрическими свойствами материала.
2. Определить типы обратных решеток, соответствующих кубической объемноцентрированной и кубической гранецентрированной решеткам.
3. Найти плотность упаковки для гранецентрированной решетки с плотной упаковкой.

*Эссе, рефераты или доклады по теме 1:*

реферат «Классификация кристаллических решеток».

*Вопросы для самопроверки:*

1. Почему объемноцентрированная кубическая решетка не может одновременно быть гранецентрированной?
2. Как строится ячейка Вигнера-Зейтца и зона Бриллюэна?
3. Привести примеры решеток, которые можно представить и как решетку Бравэ и как решетку с базисом.
4. Как соотносятся атомные плоскости в прямой решетке с векторами обратной решетки?

*Литература:*

[1] Гл. 4, 5, 7; [2] Гл. 1, 2; [3] Гл. 1.

#### **Тема 2. Дифракция волн и частиц на кристаллах**

1. Описать соответствие между условием Брэгга и границами зоны Бриллюэна.
2. Определить тип кристаллической решетки по заданной лауэграмме.
3. Доказать теорему Блоха с использованием одномерных представлений абелевой группы трансляций кристаллической решетки.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

не предусмотрены.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Как связано расщепление электронного зонного спектра на границе зоны Бриллюэна с периодическим потенциалом решетки?
2. К каким физическим объектам помимо кристаллической решетки применима теорема Блоха?
3. Какими свойствами периодичности обладают блоховские функции и блоховские энергии?

*Литература:*

[1] Гл. 6, 8, 9; [2] Гл. 2; [3] Гл. 2.

***Тема 3. Теория металлов Друде-Зоммерфельда***

1. Вывести выражения для зоммерфельдовских интегралов.
2. Вывести выражения для плотности электронных состояний для двух- и одномерного случая.
3. Вывести выражение для граничного волнового числа Ферми.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

не предусмотрены.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Какие постулаты теорий Друде и Зоммерфельда являются ошибочными с современной точки зрения?
2. Почему в теории Друде получается почти правильное значение числа Лоренца?
3. Почему, несмотря на некорректность исходных предпосылок, ряд результатов теорий Друде и Зоммерфельда вполне актуален и в настоящее время?

*Литература:*

[1] Гл. 1-3.

**МОДУЛЬ 2. Межатомные взаимодействия и силы сцепления в твердых телах, твердотельная плазма**

***Тема 4. Силы сцепления и межатомные взаимодействия в неметаллических твердых телах***

1. Оценить энергию диполь-дипольного взаимодействия двухуровневых ( $s$  и  $p$  - состояния) атомов.
2. Рассчитать сумму Маделунга для гранецентрованной кубической решетки ионного кристалла.
3. Рассчитать равновесное расстояние между атомами решетки в модели потенциала Ленарда-Джонса.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

реферат «Диполь-дипольное взаимодействие и перенос энергии в примесных системах».

**Вопросы для самопроверки:**

1. Каково соотношение между энергиями связи для различных типов сил сцепления и в чем проявляется различие между энергиями связи?
2. Для каких типов атомов инертных газов (легких или тяжелых) существенна квантовая поправка к энергии связи?
3. Какова природа сил отталкивания между атомами на сверхблизких расстояниях?

*Литература:*

[1] Т. 2. Гл. 19, 20; [3] Гл. 3; [4] Гл. 18, 19; [5] Гл. 1-6.

**Тема 5. Твердотельная плазма**

1. Описать характер отклика плазмы на коротковолновые и длинноволновые внешние возмущения.
2. Рассчитать типичные энергии полупроводниковых и диэлектрических плазмонов.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

реферат «Дисперсия диэлектрической проницаемости вырожденной и невырожденной плазмы».

*Вопросы для самопроверки:*

1. Почему рассеяние на флуктуациях спиновой плотности в твердотельной плазме может оказаться эффективней, чем рассеяние на флуктуациях плотности заряда?
2. Как определяется длина когерентности в плазме?
3. В каких ситуациях принципиален учет пространственной дисперсии в плазме?

*Литература:*

[6] Гл. 12; [7] Гл. 1; [8] Гл. 3, 4.

**Тема 6. Металлическая связь**

1. Вычисление и анализ функции функции  $\chi$ , определяющей поляризуемость газа свободных электронов.
2. Вычисление эффективной массы электрона в приближении Хартри-Фока.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

реферат «Кинетические свойства электронов в металле».

*Вопросы для самопроверки:*

1. В чем причина устойчивости кристаллической решетки металла, построенной из одноименно заряженных ионов?
2. Чем обусловлено наличие осцилляций Рудермана-Киттеля?
3. В чем заключается самосогласованный характер расчета диэлектрической проницаемости Хартри?

*Литература:*

[1] Т. 1, Гл. 17; [3] Гл. 3; [5] Гл. 7, 13.

**МОДУЛЬ 3. Электронные состояния, оптические явления**

**Тема 7. Электронные состояния**

3. Расчет зонной структуры в приближении сильной связи для состояний  $s$ -типа.

4. Вычисление эффективной массы полупроводника с помощью  $k \cdot p$ -теории возмущений.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

реферат «Экситоны в трех- и двумерных системах в электрическом поле».

*Вопросы для самопроверки:*

1. Привести для каждого из рассмотренных методов расчета зонной структуры материалы, для описания которых они адекватны.
2. Каковы типичные значения эффективных масс электронов и дырок в полупроводниках?
3. Какими факторами обусловлены существенные отличия боровского радиуса и постоянной Ридберга для экситона Ванье-Мотта от этих величин для атома водорода?

*Литература:*

[1] Т. 1, Гл. 9-11; [3] Гл. 5; [5] Гл. 11; [9].

### **Тема 8. Оптические явления**

5. Вычисление коэффициента поглощения при разрешенных и запрещенных межзонных переходах.
6. Вычисление коэффициента поглощения при переходах в экситонные состояния.
7. Вычисление вероятностей двух- и трехфотонных переходов для трехзонной модели электронного спектра.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

рефераты «Многофотонное поглощение в твердых телах», «Ап-конверсия и эффект фотонной лавины», «Оптический эффект Фарадея в кристаллах».

*Вопросы для самопроверки:*

1. Возможно ли внутризонное поглощение света без взаимодействия электронов с фононами или примесями?
2. При каких интенсивностях света существенны нелинейно оптические эффекты в видимом, ближнем и дальнем ИК диапазонах?
3. Какую информацию о материале можно получить при исследовании комбинационного рассеяния света?

*Литература:*

[10] Гл. 5, 6; [9]; [11]; [12]; [13] Гл. 1, 2.

### **МОДУЛЬ 4. Колебания решетки, тепловые свойства, электрон-колебательное взаимодействие**

**Тема 9. Теплоемкость решетки. Колебания трехмерной решетки. Фононы**

8. Вычислить скорость звука Бома-Стейвера.
9. Найти закон дисперсии для колебаний одномерной периодической цепочки с атомами одного типа.

10. Найти закон дисперсии для колебаний одномерной периодической цепочки с атомами двух типов.
11. Для простой одноосцилляторной модели получить температурную зависимость фактора Дебая-Уоллера.
12. Получить в явном виде закон дисперсии поляритонов.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*  
реферат «Поверхностные поляритоны».

*Вопросы для самопроверки:*

1. Каким образом можно перейти от модели Эйнштейна к модели Дебая?
2. В чем состоят принципиальные отличия между акустическими и оптическими колебаниями решетки?
3. Чем определяется ширина щели в поляритонном спектре?
4. В чем состоит принципиальное отличие однофононного рассеяния нейтронов от двухфононного?
5. Какие механизмы обеспечивают рассеяние нейтронов колебаниями решетки?

*Литература:*

[1] Т. 2, Гл. 22-24; [3] Гл. 4; [14] Гл. 2, 3; [15] Гл. 12.

### **Тема 10. Ангармонические эффекты**

1. Вывести формулу, связывающую давление и внутреннюю энергию.
2. Доказать, что в отсутствие ангармонизма коэффициент теплового расширения равен нулю.
3. Найти соотношение между теплопроводностью и теплоемкостью решетки.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*  
не предусмотрены.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Какие свойства твердых тел невозможно объяснить в рамках гармонического описания колебаний решетки?
2. Каким основным фактором обусловлена температурная зависимость параметра Грюнайзена?
3. Какими процессами и факторами определяется температурная зависимость теплопроводности чистых кристаллов при низких температурах?

*Литература:*

[1] Т. 2, Гл. 25.

### **Тема 11. Электрон-фононное взаимодействие. Полярны**

1. Оценить значение константы деформационного потенциала.
2. Вывести выражения для вероятности рассеяния электрона на акустических фононах.

3. Рассчитать энергию связи полярона во втором порядке теории возмущений.
4. Рассчитать эффективную массу полярона для случая слабого электрон-фононного взаимодействия.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

рефераты: «Поляроны и биполяроны», «Полосы примесного поглощения в центрах окраски».

*Вопросы для самопроверки:*

1. Почему обычно рассматривается рассеяние именно на продольных оптических колебаниях?
2. В каких типах материалах взаимодействие с оптическими фононами является доминирующим механизмом рассеяния электронов?
3. По какой причине отличаются энергии термической и оптической ионизации полярона?

*Литература:*

[6 ] Гл. 11; [14] Гл. 7; [15] Гл. 14; [16] Гл. 7.

## **МОДУЛЬ 5. Пространственно ограниченные твердые тела, наноструктуры**

**Тема 12.** *Микроскопическое строение реальной поверхности твердого тела. Кинетика поверхностных процессов*

1. Оценить давление газа, при котором на поверхности за один час образуется монослой посторонних веществ.
2. Вычислить сколько шариков диаметром в 10 нм можно изготовить из одного шарика диаметром 1 мкм и во сколько раз суммарная площадь их поверхностей превысит площадь поверхности исходного шарика.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

реферат «Силы изображения и поверхностные состояния электронов».

*Вопросы для самопроверки:*

1. Чем отличается релаксация поверхности от ее реконструкции?
2. Что такое коэффициент аккомодации?
3. Чем отличается химическая форма адсорбции от физической формы адсорбции?
4. Что препятствует переходу атомов с одной террасы на другую?
5. Какие бывают дефекты поверхности?

*Литература:*

[17]; [18]; [1], гл. 18.

**Тема 13.** *Макроскопические процессы на поверхности твердого тела*

1. Определить зависимость поверхностной плотности адсорбата от температуры при физической форме адсорбции.

2. Определить зависимость поверхностной плотности адсорбата от температуры при химической форме адсорбции.
3. Найти зависимость высоты поднятия смачивающей жидкости от диаметра капилляра
4. Вычислить угол смачивания для поверхности, составленной из чередующихся микроскопических участков с известными углами смачивания.

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

реферат «Эффект «Лотуса» и его технические применения», доклад «Гигантское комбинационное рассеяние».

*Вопросы для самопроверки:*

1. Увеличивается или уменьшается угол смачивания при переходе от гладкой поверхности к наноструктурированной поверхности с тем же химическим?
2. Какие поверхности называют гидрофильными?
3. Как зависит резонансная частота металлической наночастицы от ее формы?

*Литература:*

[17], [1] Гл. 18; [19].

#### **Тема 14. Наноструктуры**

1. Оценить максимальные ширины квантовых ям, в которых происходит размерное квантование уровней.
2. Оценить величину расщепления сложной валентной зоны в квантовой яме за счет эффекта размерного квантования.
3. Рассчитать частоты переходов между экситонными состояниями в яме.
4. Оценить коэффициент двухфотонного поглощения на переходах между уровнями (подзонами) размерного квантования в квантовой яме..

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

реферат «Квантовые точки».

*Вопросы для самопроверки:*

1. Что общего между поведением электрона в квантовом проводе и в объемном материале, помещенном в квантующее магнитное поле?
2. Каковы соотношения между экситонным радиусом и линейным размером наноструктуры в случаях слабого, промежуточного и сильного конфинмента?

*Литература:*

[20], [21], [22], [23].



**Таблица 3. Практические занятия**

<i>№ модуля дисциплины</i>	<i>Наименование и объем практических занятий</i>
1	Вычисление плотности упаковки для различных типов решеток – 1 ч.
1	Разложение Зоммерфельда. Расчет числа Лоренца в теориях Друде и Зоммерфельда – 1 ч.
2.	Расчет энергии связи в модели двух дельтаобразных потенциалов – 1 ч.
2.	Расчет обменной энергии в металле – 1 ч.
3	Расчет энергетических зон в "пустой решетке" – 1 ч.
3	Расчет энергетических зон для потенциала типа гребенки Дирака – 1 ч.
3	Расчет вероятности оптического перехода в нижнее состояние экситона Ванье-Мотта – 1 ч.
3	Расчет коэффициента оптического поглощения на переходах в области фундаментальной полосы – 1 ч.
4.	Анализ законов дисперсии акустических и оптических колебаний решетки
4.	Расчет коррелятора «плотность-плотность» и фактора Дебая-Уоллера в теории рассеяния нейтронов колебаниями решетки – 1 ч.
5	Оценки скоростей поверхностных процессов – 1 ч.
5.	Расчет коэффициента оптического поглощения на переходах между подзонами размерного квантования в квантовой яме – 1 ч.

**Таблица 4. Лабораторный практикум**

<i>№ модуля дисциплины</i>	<i>Наименование и объем лабораторных работ</i>
3	Измерение стационарной фотопроводимости полупроводников – 2 ч.
3	Исследование кинетики фотопроводимости полупроводников (измерение времен нарастания и спада фототока) – 2 ч.
3	Измерение фазовых и временных характеристик электроуправляемых модуляторов света – 2 ч.
5	Адсорбция и фотоиндуцированная десорбция атомов с поверхности твердых тел – 2 ч.
5	Ориентированная адсорбция многоатомных молекул на поверхности твердых тел – 2 ч.
5	Измерение порога разрушения поверхности твердого тела под действием импульсов лазерного излучения – 2 ч.

## ЛИТЕРАТУРА

**Базовое учебно-методическое пособие.** Перлин, Е.Ю. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов / Е.Ю. Перлин, Т.А. Вартамян, А.В. Федоров. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 216 с.

### Основная литература:

1. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. – М.: Мир, 1979. – Т. 1, 2.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. – М.: Наука, 1978.
3. Анималу, А. Квантовая теория кристаллических твердых тел / А. Анималу. – М.: Мир, 1981.
4. Фано, У. Физика атомов и молекул / У. Фано, А. Фано. – М.: Наука, 1980.
5. Вакс В.Г. Межатомные взаимодействия и связь в твердых телах. – М.: ИздАТ, 2002.
6. Брандт, Н.Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния / Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. – М.: Физматлит, 2005.
7. Платцман, Ф. Волны и взаимодействия в плазме твердого тела. / Ф. Платцман, П. Вольф. – М.: Мир, 1975.
8. Лифшиц, Е.М. Физическая кинетика / Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. – М.: Наука, 1979.
9. Нокс, Р. Теория экситонов / Р. Нокс. – М.: Мир, 1966.
10. Бассани, Ф. Электронные состояния и оптические переходы в твердых телах / Ф. Бассани, Дж. П. Парравичини. – М.: Мир, 1982.
11. Уханов, Ю.И. Оптические свойства полупроводников / Ю.И. Уханов. – М.: Наука, 1977.
12. Панков, Ж. Оптические процессы в полупроводниках / Ж. Панков. – М.: Мир, 1973.
13. Рассеяние света в твердых телах / Под ред. М. Кардоны. – М.: Мир, 1979.
14. Киттель, Ч. Квантовая теория твердых тел / Ч. Киттель. – М.: Наука, 1967.
15. Бонч-Бруевич, В.Л. Физика полупроводников / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. – М.: Наука, 1977.
16. Давыдов, А.С. Теория твердого тела / А.С. Давыдов. – М.: Наука, 1976.
17. Зенгуил, Э. Физика поверхности / Э. Зенгуил. – М.: Мир, 1990.
18. Праттон, М. Введение в физику поверхности / М. Праттон. – М.; Ижевск: R&C Dynamics, 2000.
19. Борен, К. Поглощение и рассеяние света малыми частицами / К. Борен, Д. Хафмен. – М.: Мир, 1986.
20. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. – М.: Физматлит, 2005.
21. Оптика наноструктур / Под ред. А.В. Федорова. – СПб: Недра, 2005.

22. Физика низкоразмерных систем / А.Я. Шик, Л.Г. Бакуева, С.Ф. Мусихин, С.А. Рыков. – СПб: Наука, 2001.
23. Оптические явления в полупроводниковых квантово-размерных структурах / Л.Е. Воробьев, Л.Г. Голуб, С.Н. Данилов, Е.Л. Ивченко, Д.А. Фирсов, В.А. Шалыгин. – СПб: СПб ГТУ, 2000.

**Дополнительная литература:**

1. Херман, М. Полупроводниковые сверхрешетки / М. Херман. – М.: Мир, 1989.
2. Gaponenko, S.V. Optical Properties of Semiconductor Nanocrystals / S.V. Gaponenko. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
3. Ivchenko, E.L. Superlattices and other heterostructures / E.L. Ivchenko, G.E. Pikus // Solid State Science. – 1997. – V. 110.
4. Bimberg, D. Quantum dot heterostructures / D. Bimberg, M. Grundman, N.N. Ledentsov. NY: J. Wiley, 1999.
5. <http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Портал:Физика>.
6. <http://www.elsevier.com>
7. <http://www.nanonewsnet.ru>

## Приложение 2

### ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 2 Наноструктуры в электронике, опто-информационных системах, биологии и медицине

*Образовательная магистерская программа «Оптика наноструктур»  
по направлению подготовки НОИ4 «Фотоника и оптоинформатика».*

*Программу составили: профессор, д.ф.-м.н. Каманина Н.В., кафедра  
Оптической физики и современного естествознания,  
Факультет фотоники и оптоинформатики, Санкт-Петербург, 2007.*

#### **Цель дисциплины**

- Изучение закономерностей изменения физических свойств оптических материалов, в том числе, наноструктурированных, при явлениях фотоупругости, акустооптики, фоторефракции, термооптики.
- Изучение принципов и методов воздействия лазерного излучения на твердотельные и жидкокристаллические среды.
- Ознакомление с новейшими разработками фуллерен- и нанотрубки-содержащих сред, с их оптическими и фотопроводниковыми свойствами (на примере эффекта оптического ограничения, записи голограмм, модуляции и переключения оптического излучения, сверхпроводимости).
- Формирование навыков расчетной оценки оптических материалов при внешнем (электрическом, механическом, световом) воздействии и экспериментального исследования основных характеристик оптических материалов и оптоэлектронных элементов на их основе.
- Определение перспектив применения сред с нанобъектами в электронике, опто-информационных системах, в биологии, в медицине, в строительстве
- Предполагается также создание поддерживающей образовательной среды преподавания дисциплины в канве образовательного модуля НОИ4 «Фотоника и оптоинформатика», магистерская программа «Оптика наноструктур», 1.1.67, а также предоставление возможности студентам развить и продемонстрировать научные и технологические навыки в области применения наноструктур в дисплейной технике, медицинском и биологическом оборудовании, в строительном деле, наноэлектронике и опто-информационных системах.

#### **Требования к уровню освоения содержания дисциплины**

Все требования к уровню освоения дисциплины будут основаны на полном соответствии всем модулям дисциплины (см. раздел 2 данной программы), на следовании учебному плану, на проведении контроля за успеваемостью студентов, на проведении семинаров, круглых столов, др. Дисциплина бу-

дет обеспечена учебным пособием, а также перечнем основной и дополнительной литературы по теме с учетом новейшей информации, полученной из современных научно-технических российских и зарубежных публикаций и дискуссий при посещении конференций. Последние данные (научно-технические статьи) будут предоставлены студентам на лекционных занятиях.

**Таблица 1. Аудиторная нагрузка**

№ модуля	Наименование модулей дисциплины	Аудиторная нагрузка, кредиты/часы				Формы контроля
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего часов	
1	2	3	4	5	6	7
1	Терминология, понятия. Фотоупругость	3	2	2	7	тестирование, защита лабораторных работ
2	Акустооптика. Термооптика	2	2		4	тестирование, собеседование
3	Фоторефракция	3	2	1	6	тестирование, защита лабораторных работ
4	Воздействие излучения. Изменение свойств	2	2	1	5	тестирование, защита лабораторных работ
5	Области применения	2	1		3	Тестирование, собеседование
	<b>ИТОГО:</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>25</b>	

**Таблица 2. Содержание теоретических занятий (лекций)**

№ темы	№ Модуля	Наименование и объем тем теоретических занятий
1	2	3
1	1	<p><i>Терминология. Понятия.</i></p> <p>Объяснение студентам общий состав курса по дисциплине, его структуру и связь с другими дисциплинами учебного плана. Задачи курса. Свет как инструмент воздействия на материалы. Исторические справки об ученых, занимавшихся(ющихся) данной проблемой. Перспективы использования достижений в области разработки современных оптических материалов в научных исследованиях, приборостроении, технике, опто-информационных системах, медицине, биологии. Возможности расширения областей использования лазерного излучения УФ, оптического и ИК диапазонов спектра при его взаимодействии с новыми электрооптическими средами, сенсифицированными нанобъектами.</p>
2	1	<p><i>Фотоупругость оптических материалов. Двулучепреломление.</i></p> <p>Явление фотоупругости. Упругие деформации как результат воздействия механических напряжений (сжатие и/или растяжение). Нормальные и касательные напряжения при чистом растяжении. Деформации, связанные с чистым однородным растяжением. Связь между напряжениями и деформациями. Деформация эллипсоида показателя преломления. Естественное и искусственное двулучепреломление. Закон Брюстера. Поляризация при отражении и преломлении. Оптическая разность хода и фаз. Закон Малюса. Призма Глана-Томсона, призма Николя, различные виды пленочных поляризационных устройств.</p>
3	1	<p><i>Жидкие кристаллы как модельные электрооптические современные двулучепреломляющие материалы наноэлектроники.</i> Фотоупругость жидких кристаллов (ЖК). Типы ЖК. Нематики. Холестерики, Смектики. Директор ЖК. Аппроксимация Рапини для энергии связи ЖК с поверхностью подложки. Формула Франка для объемной упругой энергии ЖК. Численные оценки модулей упругости ЖК. Примеры применения явления упругости нематической ЖК мезофазы. Расчет фазовой задержки реальной нематической ЖК-ячейки по экспериментально полученным данным.</p>

Продолжение таблицы 2

1	1	1
4	2	<p><i>Взаимосвязь акустических и оптических свойств материалов.</i></p> <p>Предмет акустооптики. Частоты акустооптики. Основные достижения акустооптики. Ультразвук. Методы генерации ультразвука. Влияние акустического поля в конденсированной среде на распространение света в поле ультразвуковых волн. Дифракция монохроматического света на периодическом распределении показателя преломления, создаваемом бегущей или стоячей акустической волной. Дифракция Рамана-Ната и дифракция Брэгга на ультразвуке. Связь эффективности дифракции в <math>m</math>-ом порядке с изменением одного или нескольких из следующих параметров: угла падения света, длины волны света, длины волны звука, амплитуды и ширины пучка ультразвука. Акустооптические модуляторы. Способы повышения быстродействия акустооптических модуляторов. Дефлекторы, их назначение и характеристики. Акустолюминесценция – новое явление акустооптики. Виды люминесценции в материалах. Практическое использование акустолюминесценции в системах наноэлектроники.</p>
5	2	<p><i>Термооптические свойства материалов. Стекла и светофильтры</i></p> <p>Воздействие изменений температуры на элементы оптических приборов. Термомеханическая прочность. Температурные изменения оптической длины пути. Температурный коэффициент показателя преломления. Термооптические характеристики материалов, их физический смысл, значения. Стекла. Техническая классификация стекол. Теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность оптических стекол. Оптическая плотность стекла. Явление двойного лучепреломления в стеклах. Примеры применения стекол в оптическом приборостроении, квантовой и оптической электронике. Расчет коэффициента поглощения по оптической плотности материалов при учете потерь на отражение. Стекла ИК-диапазона спектра. Стекланные матрицы с нанообъектами.</p>

Продолжение таблицы 2

1	2	3
6	3	<p><i>Фоторефрактивные свойства материалов. Виды электрооптических эффектов</i></p> <p>Общие представления об электрооптических эффектах в конденсированных средах. Эффект Поккельса. Эффект Керра. Фотогенерация носителей электрического заряда. Формирование полей фотозарядов. Дрейфовый и дифракционный механизмы записи изображения. Считывание изображения. Пространственно-временные модуляторы света (ПВМС) на фоторефрактивных материалах.</p>
7	3	<p><i>Оптоэлектронные устройства на основе изученных электрооптических эффектов</i></p> <p>Жидкокристаллические пространственно-временные модуляторы света (ЖК-ПВМС) с электрическим управлением. Жидкокристаллические ПВМС с оптическим управлением. Конструкция и режимы работы ЖК ПВМС на просвет и отражение. Влияние природы и параметров фотослоя ЖК ПВМС на основные характеристики модулятора: разрешение, быстродействие, чувствительность. Способы оптимизации динамических характеристик ЖК ПВМС. Расчет временных параметров ЖК устройств. Применение ЖК ПВМС для задач лазерной физики, медицины, биологии.</p>
8	4	<p><i>Воздействие лазерного излучения на материалы: различные спектральные и временные диапазоны</i></p> <p>Проблема взаимодействия лазерного излучения с веществом. Лазерное возбуждение. Испарение и разрушение материалов. Фоточувствительные и фотоизлучающие приборы и устройства. Нелинейные эффекты. Внутриатомное поле среды. Расчет внутриатомного поля среды и определение уровней интенсивностей излучения, связанных с проявлением нелинейно-оптических явлений, нелинейная рефракция. Нелинейные восприимчивости. Нелинейные характеристики жидких кристаллов. Самофокусировка лазерного излучения. Многофотонное поглощение.</p>



Продолжение таблицы 2

1	1	1
9	4	<p><i>Новые нелинейные наноструктурированные среды</i></p> <p>Фуллерены и нанотрубки. Методы получения. Растворимость фуллеренов, их спектральные, фотопроводящие и теплофизические свойства. Оптические свойства фуллеренов. Сечение поглощения с основного и возбужденного состояний молекулы фуллерена. Сенсбилизация органических материалов фуллеренами и нанотрубками. Влияние комплексообразования на нелинейное поглощение органических сред с нанообъектами. Проявление эффекта оптического ограничения лазерного излучения в материалах с нанообъектами. Спектральный, энергетический и временной диапазоны взаимодействия лазерного излучения с фуллеренсодержащими средами.</p>
10	4	<p><i>Изменение свойств наноструктурированных материалов под действием излучения</i></p> <p>Эффективность записи тонких дифракционных решеток в фуллеренсодержащих средах. Светоиндуцированное изменение показателя преломления. Светоиндуцированное рассеяние. Фуллерен- и нанотрубки-содержащие материалы для модуляции, пассивной записи информации и преобразования по частоте лазерного излучения. Особенности использования фуллеренсодержащих структур в ИК-диапазоне спектра.</p>
11	5	<p><i>Области применения</i></p> <p>Применение фуллеренов, нанотрубок, проводящих полимеров с нанообъектами, жидких кристаллов с нанообъектами, др. наноструктурированных материалов в лазерной физике, опто-информационных системах, биологии и медицине.</p>

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### **МОДУЛЬ 1. Терминология. Понятия. Фотоупругость**

#### **Тема 2. Фотоупругость оптических материалов. Двулучепреломление**

*Вопросы и задания для самостоятельной работы:*

Чем обусловлено явление фотоупругости? Назовите несколько видов материалов с искусственным и естественным двулучепреломлением. Укажите связь между напряжением и деформацией для случая чистого растяжения. Укажите связь между компонентами тензора диэлектрической непрозрачности и показателем преломления среды. Напишите формулу, показывающую связь между разностью фаз обыкновенного и необыкновенного лучей и толщиной двулучепреломляющей среды.

*Эссе, рефераты или доклады по модулю (теме):*

1. Исследования Брюстера и Максвелла в области изучения явления двулучепреломления».
2. Принцип действия поляризационного устройства (по выбору: призма Глана, призма Аренса, призма Николя, пленочный поляризатор).

*Вопросы для самопроверки:*

1. Фотоупругость – это искусственное или естественное явление?
2. Что такое диэлектрическая и оптическая анизотропия?
3. Что такое оптическая ось кристалла?
4. К какому типу кристаллов (положительному или отрицательному) относятся кварц и кальцит?
5. Какое твердое кристаллическое вещество имеет наибольший показатель преломления?

*Литература:*

Основная литература по дисциплине, ссылки [1], [2, т. 3-4, глава 31; т.7, главы 32, 38, 39], [3. главы 26-27], [4].

#### **Тема 3. Жидкие кристаллы как модельные электрооптические современные двулучепреломляющие материалы наноэлектроники**

*Вопросы и задания для самостоятельной работы:*

1. Что такое ЖК-мезофаза?
2. Основные типы ЖК (можно нарисовать).
3. Основные черты нематической ЖК- мезофазы (указать не менее 4-х).
4. Что такое планарная и гомеотропная ориентации ЖК?
5. Какие ориентирующие покрытия применяются в первом и во втором случаях?
6. Укажите выражение, используя аппроксимацию Рапини, плотности свободной поверхностной энергии ЖК-структур.

7. Напишите формулу Франка для объемной упругой энергии ЖК (в предположении изотропной среды, когда все модули упругости равны, т.е.  $K=K_{11}=K_{22}=K_{33}$ ).

*Эссе, рефераты или доклады по теме:*

1. Опыты Фредерикса по исследованию нематической ЖК-фазы.
2. Отражение света от холестерической спирали. Закон Вульфа-Брэгга для холестериков.
3. Сегнетоэлектрические жидкие кристаллы.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Какова размерность модулей упругости?
2. Каков размер молекул ЖК?
3. Почему при описании упругих свойств ЖК последние рассматриваются как непрерывная среда (континуум) без учета ее молекулярной структуры? Какие Вы знаете виды дефектов в ЖК?

*Литература:*

Основная литература по дисциплине, ссылки [5], [6, главы 2,3], [7, главы 1-4]; дополнительная литература по дисциплине, ссылка [1].

## **МОДУЛЬ 2. Акустооптика. Термооптика**

### **Тема 4. Взаимосвязь акустических и оптических свойств материалов**

*Вопросы и задания для самостоятельной работы:*

1. Каковы условия реализации дифракции Брэгга и Рамана-Ната в акустооптических материалах?
2. Какова величина эффективного упругооптического коэффициента для кварца, германия, др. изученных нами материалов?
3. Как зависит фазовая задержка света от площади поперечного сечения акустического столба?

*Вопросы для самопроверки:*

1. Разрешение, быстродействие и контраст акустооптических модуляторов и дефлекторов.
2. Виды люминесценции в материалах.

*Литература:*

Основная литература по дисциплине, ссылки [8]-[10].

### **Тема 5. Термооптические свойства материалов. Стекла и светофильтры**

*Вопросы и задания для самостоятельной работы:*

1. Каков диапазон изменения показателя преломления изучаемых нами материалов при воздействии температурных полей?
2. Что такое температуропроводность материала?
3. Что такое оптическая плотность стекла?
4. Какие виды классификации стекол Вы знаете?

*Вопросы для самопроверки:*

При выполнении домашнего задания по теме рассмотрите задачу: Дано стекло (светофильтр) толщиной 2.5 мм. Стекло облучается светом с длиной волны  $\lambda$ , показатель поглощения стекла для данной длины волны  $k_\lambda = 0.37$ . Для данного состава стекла потери на отражение  $D_p = 0.04$ . Определите, пожалуйста, оптическую плотность с учетом потерь на отражение и коэффициент пропускания светофильтра  $\tau_\lambda'$ .

*Литература:*

Основная литература по дисциплине, ссылки [3], [11], [12].

### **МОДУЛЬ 3. Фоторефракция**

**Тема 6.** Фоторефрактивные свойства материалов. Виды электрооптических эффектов

*Вопросы и задания для самостоятельной работы:*

1. Каковы виды модуляции света?
2. Что такое подвижность носителей заряда?
3. Особенности подвижности носителей заряда в органических средах.
4. Скорость растекания зарядового рельефа в органических средах и связь ее с разрешением материала.

*Эссе, рефераты или доклады по модулю (теме):*

1. Принцип работы модулятора света «ПРОМ», примеры материалов, используемых для данной цели.
2. принцип работы модулятора света «ПРИЗ» и «Фототитус», виды амплитудной и фазовой модуляции, примеры материалов, используемых для данной цели.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Каково направление распространения света и направление приложенного электрического поля в случае проявления эффекта Погкельса и Керра?
2. В каких единицах определяется эффективность преобразования оптического сигнала?
3. Как определяется контраст изображения?

*Литература:*

Основная литература по дисциплине, ссылки [13, глава 5], [14], [15, главы 1-4]-[16, главы 1-4], [17]-[18, глава 1, глава 6].

**Тема 7.** Оптоэлектронные устройства на основе изученных электрооптических эффектов

*Вопросы и задания для самостоятельной работы:*

1. Приведите конкретные примеры ЖК-устройств; какие пути оптимизации временных параметров ПВМС на основе системы ФП-ЖК Вы знаете?
2. Чем обусловлен выбор компромисса между разрешением и быстродействием?

*Эссе, рефераты или доклады по модулю (теме):*

1. Жидкокристаллические дисплеи. Виды технологий, их преимущество и отличие. Материалы, используемые для конструирования ЖК-дисплеев.
2. Жидкокристаллические полимеры. Основные рабочие характеристики.

*Вопросы для самопроверки:*

Решите задачу и покажите, что на электрооптическом ЖК-слое величина падения напряжения не превосходит доли вольт, что и нужно для срабатывания определенного вида эффекта. Итак, рассматривается нематическая ЖК-ячейка. Пусть к ней приложено напряжение 30 В. Будем считать, что структура состоит из ЖК-слоя и 2-х ориентирующих покрытий. Удельное сопротивление ЖК  $\sim 10^{10}$  Ом $\times$ см. Толщина ЖК-слоя 10 мкм, диаметр светового пятна на ячейке составляет 2.5 см. Используется полимерный ориентирующий слой на основе, скажем, фторопласта, нефоточувствительного полиимида, поливинилового спирта и т.п. Удельное сопротивление такого ориентирующего слоя  $\sim 10^{13}$  Ом $\times$ см. Толщина ориентанта составляет 1 мкм, ориентант наносился по всей рабочей апертуре ячейки. Какова величина напряжения, падающего на ЖК-слое?

*Литература:*

Основная литература по дисциплине, ссылки [7], [15, главы 1-4]; дополнительная литература по дисциплине, ссылка [2].

**МОДУЛЬ 4. Воздействие излучения. Изменение свойств**

**Тема 8.** Воздействие лазерного излучения на материалы: различные спектральные и временные диапазоны

*Вопросы и задания для самостоятельной работы:*

1. Каковы физические причины, приводящие к появлению оптических нелинейных свойств вещества, в частности, высокочастотного эффекта Керра?
2. Какой физический смысл нелинейной восприимчивости третьего порядка (кубичной)?

*Эссе, рефераты или доклады по модулю (теме):*

1. Твердотельные материалы нелинейной оптики (по выбору: ниобат лития, дигидрофосфат калия, др.). Основные рабочие характеристики, условия эксплуатации и спектральный диапазон работы.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Какова размерность нелинейной рефракции?
2. Как связаны между собой нелинейные восприимчивости и макрополяризация среды?

*Литература:*

Основная литература по дисциплине, ссылки [13], [19], [20, главы 12-14], [21].

### **Тема 9. Новые нелинейные наноструктурированные среды**

*Вопросы и задания для самостоятельной работы:*

1. Лазерное излучение каких длин волн считается опасным для сетчатки, роговицы глаза, кожного покрова?
2. В каком диапазоне длин волн лазерное излучение считается безопасным для глаз?
3. Каков безопасный для зрения уровень плотности энергии излучения?

*Эссе, рефераты или доклады по модулю (теме):*

1. Способы образования (модели) и применение фуллеренов в медицине. Роль буферного газа в процессе образования фуллеренов.
2. Сверхпроводимость фуллеренов и нанотрубок.

*Вопросы для самопроверки:*

Определите величину нелинейной рефракции фуллеренсодержащего материала на основе проводящего полимера, зная, что кубичная нелинейная восприимчивость  $\chi^{(3)} = 2.14 \times 10^{-9} \text{ см}^3 \text{ эрг}^{-1}$ , а линейный показатель преломления среды равен 1.7. Сравните со значениями данного параметра для кремниевых материалов.

*Литература:*

Основная литература по дисциплине, ссылки [22], [23]; дополнительная литература по дисциплине, ссылки [3]-[6].

### **Тема 10. Изменение свойств наноструктурированных материалов под действием излучения**

*Вопросы и задания для самостоятельной работы:*

1. Какова величина сродства к электрону фуллерена?
2. Как процесс комплексообразования в фуллеренсодержащих средах влияет на проявление работы устройств в ИК-диапазоне спектра?

3. Какова величина мнимой части диэлектрической проницаемости (ответственной за поглощение) фуллеренов и нанотрубок в ближнем ИК-диапазоне?

*Эссе, рефераты или доклады по модулю (теме):*

1. Генерация третьей гармоники в фуллеренсодержащих средах.
2. Структурирование проводящих полимеров нанобъектами, дополнительный механизм ограничения излучения за счет дифракции на нанокompозите.

*Вопросы для самопроверки:*

Определите сдвиг края поглощения проводящего полимера, если энергия ионизации донора составляет 6.5 эВ, сродство к электрону акцептора используемого сенсibilизатора (фуллерена) составляет 2.65 эВ, а энергия поляризации связей 1.5 эВ.

*Литература:*

Дополнительная литература по дисциплине, ссылки [7]-[11].

## **МОДУЛЬ 5. Области применения**

### **Тема 11. Области применения**

*Вопросы и задания для самостоятельной работы:*

1. Каков диаметр нанотрубок?
2. Каков линейный размер углеродных нанотрубок?
3. Сколько молекул гелия и водорода может быть уложено на 1 нм?
4. Какие Вы знаете международные нанотехнологические проекты?

*Эссе, рефераты или доклады по модулю (теме):*

1. Фуллерены и нанотрубки в вирусологии и для целей транспортировки лекарственных препаратов.
2. Использование фуллеренов для расщепления ДНК.
3. Нанотрубки в приборах наноэлектроники и медицины (рентгеновский аппарат с катодом на основе углеродных нанотрубок).
4. Органические солнечные элементы с наноструктурами. Сравнение с солнечными элементами, основанными на кремниевой технологии.

*Вопросы для самопроверки:*

Какова эффективность преобразования Солнечной энергии в электрическую для солнечных элементов на основе кремниевой технологии и органических солнечных элементов?

*Литература:*

Основная литература по теме, ссылки [7], [22], [24, главы 7-11]; дополнительная литература по теме, ссылки [12] - [17].

**Таблица 3. Практические занятия**

<i>№ модуля дисциплины</i>	<i>Наименование и объем практических занятий</i>
1	Изучение способа сборки жидкокристаллических ячеек, методов ориентирования ЖК-структур.
1	Изучение процесса сенсibilизации ЖК различными фоточувствительными компонентами и нанообъектами (фуллеренами, нанотрубками, др.).
2	Расчет акустооптической мощности модулятора света при известных параметрах акустооптического столба
2	Расчет оптической плотности светофильтра с учетом потерь на отражение
2	Расчет потерь на отражение для материалов с разными показателями преломления среды
3	Исследование и расчет времени растекания зарядового рельефа при различной подвижности носителей заряда в фоточувствительном слое ПВМС.
3	Исследование и расчет дифракционной эффективности при различных плотностях энергии записи.
4	Расчет внутриатомного поля среды и определение уровней интенсивностей излучения, связанных с проявлением нелинейно-оптических явлений.
4	Расчет нелинейной рефракции и нелинейной восприимчивости третьего порядка
5	Исследование светоиндуцированного изменения показателя преломления в органических материалах с нанообъектами.

**Таблица 4. Лабораторный практикум**

<i>№ модуля дисциплины</i>	<i>Наименование и объем лабораторных работ</i>
1	Исследование и расчет фазовой задержки для ЖК-ячеек с разной толщиной электрооптической мезофазы и различным углом наклона директора по отношению к плоскости поляризатора.
1	Исследование временных и модуляционных характеристик чистых жидкокристаллических систем с учетом использования различных способов ориентации ЖК-молекул.
1	Исследование временных и модуляционных характеристик жидкокристаллических систем, сенсibilизированных различными наноструктурами (фуллеренами, нанотрубками, наночастицами)
2	не предусмотрено
3	Исследование и расчет дифракционной эффективности на разных пространственных частотах записи информации на ПВМС.
3	Исследование временных характеристик электрооптического отклика ПВМС в условиях реализации режима Рамана-Ната.
4	Исследование эффекта оптического ограничения излучения органическими системами с нанообъектами
5	не предусмотрено



## ЛИТЕРАТУРА

### Базовый учебник:

1. Ландсберг, Г.С. Оптика / Г.С. Ландсберг. – 5-тое изд. – М.: Наука, 1976.
2. Ахманов, С. А. Физическая оптика / С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998.
3. Ярив, А. Квантовая электроника / А. Ярив – М.: Советское радио, 1980.
4. Гутман, Ф. Органические полупроводники / Ф. Гутман, Л. Лайонс. – М.: Мир, 1970.
5. Пространственные модуляторы света / А.А. Васильев, Д. Касасент, И.Н. Компанец, А.В. Парфенов. – М.: Радио и связь, 1987.

### Базовое учебно-методическое пособие:

1. Каманина, Н.В. Жидкие кристаллы — перспективные материалы оптоэлектроники. Свойства и области применения: Учеб. пособие / Н.В. Каманина. – СПб.: СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2004.
2. Каманина, Н.В. Новые оптические материалы — фуллерены. Свойства и области применения: Учеб. пособие / Н.В. Каманина. – СПб.: СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2002.
3. Лазерные технологии: Учеб. пособие / Г.Н. Виноградова, Ю.М. Воронин, Г.М. Ермолаева, Н.В. Каманина, В.Н. Смирнов, В.Б. Шилов. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2007.

### Основная литература по дисциплине:

1. Фрохт, М.. Фотоупругость / М. Фрохт. – М.; Л.: гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1948. – Т. 1.
2. Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – М.: Мир, 1976. – Т. 3, 7.
1. Ландсберг, Г.С. Оптика / Г.С. Ландсберг. – 5-тое изд. – М.: Наука, 1976.
2. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Оптика / Д.В. Сивухин – М.: Наука, 1980.
3. П. Де Жен Физика жидких кристаллов / П. Де Жен. Пер. с английского, под ред. А.С. Сониной. – М.: Мир, 1977.
4. Блинов, Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов / Л.М. Блинов. – М.: Наука, гл. редакция физ.-мат. литературы, 1978.
5. Каманина, Н.В. Жидкие кристаллы — перспективные материалы оптоэлектроники. Свойства и области применения: Учеб. Пособие / Н.В. Каманина – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2004.
6. Модуляция и отклонение оптического излучения / Г.П. Катус, Н.В. Кравцов, Л.Е. Чирков, С.М. Коновалов. – М.: Наука, 1967.
7. Мустель, Е.Р. Методы модуляции и сканирования света / Е.Р. Мустель, В.Н. Парыгин. – М.: Наука, 1970.

8. Ребрин, Ю.К. Управление оптическим лучом в пространстве / Ю.К. Ребрин. – М.: Сов. радио, 1977.
9. Борн, М. Основы оптики / М. Борн, Э. Вольф. – М.: Наука, 1973.
10. Мезенов, А.В. Термооптика твердотельных лазеров / А.В. Мезенов, Л.Н. Сомс, А.И. Степанов. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1986.
11. Ярив А. Квантовая электроника / А. Ярив. – М.: Советское радио, 1980.
12. Зи С. Физика полупроводниковых приборов / С. Зи. В 2-х книгах, пер. с англ., под ред. д-ра физ.-мат. наук Р.А. Сурица. – М.: Мир, 1984.
13. Пространственные модуляторы света / А.А. Васильев, Д. Касасент, И.Н. Компанец, А.В. Парфенов. – М.: Радио и связь, 1987.
14. Ковтонюк, Н.Ф. Фоточувствительные МДП-приборы для преобразования изображения / Н.Ф. Ковтонюк, Е.Н. Сальников. – М.: Радио и связь, 1990.
15. Микаэлян, А.Л. Оптические методы в информатике / А.Л. Микаэлян – М.: Наука, 1990.
16. Гутман, Ф. Органические полупроводники / Ф. Гутман, Л. Лайонс. – М.: Мир, 1970.
17. Аракелян, С.М. Нелинейная оптика жидких кристаллов / С.М. Аракелян, Ю.С. Чилингарян. – М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1984.
18. Нелинейные оптические свойства органических молекул и кристаллов / Под. ред. Д. Шемлы и Ж. Зисса. – М.: Мир, 1989. Т. 2.
19. Ахманов, С. А. Физическая оптика / С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998.
20. Каманина, Н.В. Новые оптические материалы — фуллерены. Свойства и области применения: Учеб. пособие / Н.В. Каманина. – СПб.: СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2002.
21. Мастеров, В.Ф. Физические свойства фуллеренов / В.Ф. Мастеров // Соросовский образовательный журнал. – 1997, № 1. – С. 92–99.
22. Пиотровский, Л.Б. Фуллерены в биологии / Л.Б. Пиотровский, О.И. Киселев. – СПб: Росток, 2006.

#### **Дополнительная литература:**

1. Schadt, M. Linear and non-linear liquid crystal materials, electro-optical effects and surface interactions. Their application in present and future devices / M. Schadt // *Liq. Cryst.* – 1993. – V. 14. – P. 73–104.
2. McEwen R.S. Liquid crystals, displays and devices for optical processing / R.S. McEwen // *J. Phys. B: Sci. Instrum.* – 1987. – V. 20. – P. 364–377.
3. Елецкий, А.В. Кластер  $C_{60}$  – новая форма углерода / А.В. Елецкий, Б.М. Смирнов // *УФН.* – 1991. – Т. 161, № 7. – С. 173–192; Фуллерены / А.В. Елецкий, Б.М. Смирнов // *УФН.* – 1993. – Т. 163, № 2. – С.

- 33-60; Фуллерены и структуры углерода / А.В. Елецкий, Б.М. Смирнов // УФН. – 1995. – Т. 165, № 9. – С. 977–1009.
4. Couris, S. Concentration and wavelength dependence of the effective third-order susceptibility and optical limiting of C<sub>60</sub> in toluene solution / S. Couris, E. Koudoumas, A.A. Ruth, and S. Leach // J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. – 1995. – V. 8. – P. 4537–4554.
  5. Kamanina, N.V. Reverse saturable absorption in fullerene-containing polyimides. Applicability of the Förster model / N.V. Kamanina // Opt. Commun. – 1999. – V. 162, No. 4–6. – P. 228–232.
  6. Каманина, Н.В. Механизмы ограничения оптического излучения в фуллеренсодержащих π-сопряженных органических структурах на примере молекул полиимида и COANP / Н.В. Каманина, А.И. Плеханов // Оптика и спектроскопия. 2002. – Т. 93, № 3. – С. 443–452.
  7. Wang, Y. Bucky ball and quantum dot doped polymers: a new class of optoelectronic materials / Y. Wang, N. Herron, J. Casper // Mater. Sci. Eng. B. – 1993. – V. 19. – P. 61–66.
  8. Itaya, A. Photoinduced electron transfer processes of C<sub>60</sub>-doped poly(N-vinylcarbazole) films as revealed by picosecond laser photolysis / A. Itaya, I. Sizzuki, Y. Tsuboi, and H. Miyasaka // J. Phys. Chem. B. – 1997. – V. 101, No 26. – P. 5118–5123.
  9. Yoshino, K. Difference in doping effects of C<sub>60</sub> and C<sub>70</sub> in poly(3-hexylthiophene) / K. Yoshino, X.H. Yin, S. Morita, and A.A. Zakhidov // Jpn. J. Appl. Phys. Part 2. – 1993. – V. 32, No 1A/B. – P. L140–L143.
  10. Kamanina, N.V. Nonlinear optical coefficients of polyimide doped with fullerenes / N.V. Kamanina // Synthetic Metals. – 2003. – V. 139, No. 2. – P. 547–550.
  11. Kamanina, N.V. Optical properties of the fullerene-doped polyimide in the near infrared / N.V. Kamanina, Yu.M. Voronin, A.V. Varnaev, I.V. Bagrov, A.P. Zhevlakov // Synthetic Metals. – 2003. – V. 138, No. 1–2. – P. 317–322.
  12. Kamanina, N.V. Nonlinear optical study of fullerene-doped conjugated systems: new materials for nanophotonics applications / N.V. Kamanina // Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Organic Nanophotonics. – 2003. – V. II/100. – P. 177–192.
  13. Kamanina, N.V. Photoinduced phenomena in fullerene-doped PDLC: potentials for optoelectronic applications / N.V. Kamanina // Opto-Electronic Review. – 2004. – V. 12, No. 3. – P. 285–289.
  14. Wong, S. S. Carbon nanotube tips: High-resolution probes for imaging biological systems / S. S. Wong, J. D. Harper, P. T. Jr. Lansbury, Ch. M. Lieber // J. Am. Chem. Soc. – 1998. – V. 120, No 3. – P. 603–604.

15. Киселев, О. И. Противовирусная активность фуллерена C<sub>60</sub> в комплексе с поли(N-винилпирролидоном) / О. И. Киселев, К. Н. Козелецкая, Е. Ю. Меленевская // Докл. РАН. – 1998. – Т. 361, № 4. – С. 547–549.
16. Каманина, Н.В. Фуллеренсодержащие диспергированные нематические жидкокристаллические структуры: динамические характеристики и процессы самоорганизации / Н.В. Каманина // Успехи физических наук. – 2005. – Т. 175, № 4. – С. 445–454.
17. The Fullerenes / Ed. by H. W. Kroto, J. E. Fischer, D. E. Cox. – Oxford: Pergamon Press Ltd. 1993.

**Рекомендации по использованию Интернет-ресурсов и других электронных информационных источников:**

1. <http://www.elibrary.ru>
2. <http://www.elsevier.com>
3. <http://www.nanonewsnet.ru>
4. <http://www.nanobot.ru>
5. <http://www.cbio.ru>
6. <http://www.astera.ru>
7. <http://www.astera.ru/it-rating/bestvendors/2006/>

**НАБОР ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 1**

**«Физика твердого тела. оптика диэлектриков, полупроводников и металлов»**

1. Электропроводность металла при возрастании температуры:
  - а) возрастает;
  - б) уменьшается;
  - в) изменяется слабо.
2. Электропроводность полупроводника при возрастании температуры:
  - а) возрастает;
  - б) уменьшается;
  - в) изменяется слабо.
3. Электрическое сопротивление диэлектриков при уменьшении температуры:
  - а) возрастает;
  - б) уменьшается;
  - в) изменяется слабо.
4. Плотность заряда в металле распределена:
  - а) равномерно по объему вещества за исключением областей, занятых ионами решетки;
  - б) вдоль линий, соединяющих атомы решетки;
  - в) сосредоточена вблизи ионов решетки.
5. Среди следующих типов кристаллов – металлы, ионные диэлектрики, полупроводники  $A_3B_5$  наименьшей плотностью упаковки кристаллической решетки характеризуются:
  - а) полупроводники  $A_3B_5$  ;
  - б) металлы;
  - в) ионные диэлектрики.
6. Кристаллическая решетка NaCl является:
  - а) простой кубической решеткой;
  - б) объемноцентрированной кубической решеткой;
  - в) гранецентрированной кубической решеткой;
  - г) решеткой типа алмаза;
  - д) решеткой типа цинковой обманки.
7. Плотность упаковки для простой кубической решетки равна:
  - а)  $1/4$ ;
  - б)  $3/8$ ;
  - в)  $\pi/6$ ;
  - г)  $\sqrt{3}\pi/11$ .

8. Плотность упаковки для объемноцентрированной кубической решетки равна:
- а)  $2/3$ ;
  - б)  $\sqrt{3}/3$ ;
  - в)  $\pi/4$ ;
  - г)  $\sqrt{3}\pi/8$ .
9. Плотность упаковки для гранецентрированной кубической решетки равна:
- а)  $2/3$ ;
  - б)  $\frac{\sqrt{2}\pi}{6}$ ;
  - в)  $3\pi/4$ ;
  - г)  $\sqrt{\pi}/2$ .
10. Плотность упаковки для гексагональной решетки с плотной упаковкой равна:
- а)  $3/4$ ;
  - б)  $\sqrt{\pi}/2$ ;
  - в)  $3\pi/4$ ;
  - г)  $\frac{\pi}{3\sqrt{2}}$ .
11. Векторы обратной решетки:
- а) параллельны плоскостям прямой решетки;
  - б) перпендикулярны плоскостям прямой решетки;
  - в) параллельны плоскостям обратной решетки;
  - г) перпендикулярны плоскостям обратной решетки.
12. Каждый из базисных векторов обратной решетки:
- а) перпендикулярен лишь одному из базисных векторов прямой решетки
  - б) перпендикулярен двум базисным векторам прямой решетки;
  - в) не перпендикулярен ни одному из базисных векторов прямой решетки.
13. Решетка, обратная обратной решетке, является:
- а) прямой решеткой;
  - б) совпадает с обратной решеткой;
  - в) не совпадает ни с прямой, ни с обратной решеткой.
14. Решеткой, обратной объемноцентрированной кубической решетке, является:
- а) решетка типа алмаза;
  - б) решетка типа цинковой обманки;

- в) объемноцентрированная кубическая решетка;  
 г) гранцентрированная кубическая решетка;  
 д) гексагональная решетка с плотной упаковкой.
15. Объем элементарной ячейки прямой решетки равен  $V$ . Объем элементарной ячейки обратной решетки равен:
- а)  $1/V$ ;  
 б)  $\pi/V$ ;  
 в)  $(2\pi)^3/V$ ;  
 г)  $1/\sqrt{V^2 + a_B^6}$ , где  $a_B$  – борковский радиус.
16. Индексы Миллера это:
- а) набор координат вектора прямой решетки, имеющего наименьшую длину среди параллельных векторов прямой решетки;  
 б) набор не имеющих общего множителя целых чисел, которые пропорциональны длинам отрезков, отсекаемых кристаллической плоскостью на осях кристалла;  
 в) набор не имеющих общего множителя целых чисел, которые обратно пропорциональны длинам отрезков, отсекаемых кристаллической плоскостью на осях кристалла.
17. Постоянная (прямой) решетки равна  $a$ . Расстояние между началом координат в одном из узлов обратной решетки и плоскостью с индексами Миллера (200) равно:
- а)  $4/a$ ;  
 б)  $2/a$ ;  
 в)  $\sqrt{2\pi}/a$ ;  
 г)  $8\sqrt{\pi}/a$ .
18. Блоховские амплитуды  $u_{\mathbf{k}}(\mathbf{r})$ :
- а) не являются периодическими функциями;  
 б) периодичны лишь в прямой решетке;  
 в) периодичны лишь в обратной решетке;  
 г) периодичны и в прямой и в обратной решетке.
19. Блоховские волновые функции представляют собой произведения экспоненты (плоской волны) и блоховской амплитуды. Частота пространственных осцилляций:
- а) одинакова у экспоненты и амплитуды;  
 б) выше у экспоненты;  
 в) выше у блоховской амплитуды.
20. Геометрический структурный фактор:
- а) не может быть использован для определения граничных плоскостей зоны Бриллюэна;

- б) не является фурье-образом функции плотности атомов в решетке;  
 в) не используется при определении концентрации свободных носителей;  
 г) не может быть использован при описании процессов рассеяния волн и частиц.
21. Теорема Блоха неприменима для описания:  
 а) электронов в кристалле;  
 б) электромагнитных мод в фотонном кристалле;  
 в) аморфных твердых тел;  
 г) полупроводниковых сверхрешеток.
22. Какие из наборов индексов Миллера не соответствуют граничным плоскостям зоны Бриллюэна гранецентрированной кубической решетки:  
 а) (2 0 0);  
 б) (0 1 0);  
 в) (1 1 -1);  
 г) (0 0 -2) Вес – 3.
23. Разность волновых векторов падающей и рассеянной волны или частицы при упругом рассеянии кристаллической решеткой равна  
 а) вектору обратной решетки;  
 б) обратному расстоянию между плоскостями прямой решетки;  
 в) расстоянию между векторами обратной решетки;  
 г) обратной длине экранирования.
24. Уравнение, которым определяются границы зоны Бриллюэна, совпадают:  
 а) с граничными условиями Борна-Кармана;  
 б) условиями Брэгга;  
 в) с условиями непрерывности волновых функций
25. Ширина энергетической щели на границе зоны Бриллюэна, которая получается в приближении почти свободных электронов, определяется  
 а) величиной постоянной решетки;  
 б) энергией Ридберга;  
 в) фурье-компонентой периодического потенциала решетки.
26. Модельным потенциалом типа дираковской гребенки не описывается такое свойство реального зонного спектра как:  
 а) наличие разрешенных и запрещенных зон энергий;  
 б) непараболичность закона дисперсии электронов;  
 в) наличие сложной структуры потолка валентной зоны.
27. Согласно теории металлов Друде статическая электропроводность:  
 а) пропорциональна корню из концентрации электронов;



- б) концентрации электронов;
  - в) квадрату концентрации электронов.
28. Согласно теории металлов Друде статическая электропроводность:
- а) пропорциональна времени между столкновениями;
  - б) обратно пропорциональна времени между столкновениями;
  - в) не зависит от времени между столкновениями.
29. Согласно теории металлов Друде скорость электрона определяется:
- а) энергией кулоновского взаимодействия между электронами;
  - б) частотой столкновений электронов с ионами решетки;
  - в) температурой в точке последнего столкновения.
30. Согласно теории металлов Друде в промежутках между столкновениями:
- а) на электроны не действуют никакие силы;
  - б) электроны движутся только под действием сил, связанных с внешними полями;
  - в) на электроны действуют внешние поля и усредненный периодический потенциал решетки.
31. Согласно теории Друде коэффициент Холла зависит:
- а) от эффективной массы носителей заряда;
  - б) от концентрации носителей;
  - в) от времени между столкновениями носителей.
32. Согласно теории Друде коэффициент Холла:
- а) всегда положителен;
  - б) всегда отрицателен;
  - в) положителен для электронов и отрицателен для дырок;
  - г) отрицателен для электронов и положителен для дырок.
33. Циклотронная частота:
- а) пропорциональна напряженности магнитного поля  $H$ ;
  - б) не зависит от напряженности магнитного поля  $H$ ;
  - в) обратно пропорциональна напряженности магнитного поля  $H$ .
34. Циклотронная частота:
- а) пропорциональна эффективной массе частиц;
  - б) не зависит от эффективной массы частиц;
  - в) обратно пропорциональна эффективной массе частиц.
35. Плазменная частота:
- а) пропорциональна корню из концентрации заряженных частиц;
  - б) обратно пропорциональна корню из концентрации заряженных частиц;
  - в) пропорциональна квадрату концентрации заряженных частиц;
  - г) не зависит от концентрации заряженных частиц;

- д) обратно пропорциональна концентрации заряженных частиц.
36. Плазменная частота:
- а) пропорциональна корню из массы заряженных частиц;
  - б) пропорциональна массе заряженных частиц;
  - в) пропорциональна квадрату массы заряженных частиц;
  - г) не зависит от массы заряженных частиц;
  - д) обратно пропорциональна корню из массы заряженных частиц;
  - е) обратно пропорциональна массе заряженных частиц.
37. Плазменная частота:
- а) пропорциональна времени между столкновениями частиц;
  - б) обратно пропорциональна времени между столкновениями;
  - в) пропорциональна квадрату времени между столкновениями;
  - г) не зависит от времени между столкновениями.
38. В пренебрежении затуханием диэлектрическая проницаемость металла:
- а) всегда положительна;
  - б) всегда отрицательна;
  - в) отрицательна при частотах, меньших плазменной частоты и положительна при частотах, больших плазменной частоты;
  - г) положительна при частотах, меньших плазменной частоты и отрицательна при частотах, больших плазменной частоты.
39. Теория металлов Друде дает совершенно ошибочные результаты при описании:
- а) закона Видемана-Франца;
  - б) термо-э.д.с. Зеебека;
  - в) эффекта Холла;
  - г) высокочастотной электропроводности металла.
40. Отклонение химпотенциала электронного газа от энергии Ферми:
- а) не зависит от температуры;
  - б) обратно пропорционально температуре;
  - в) пропорционально температуре;
  - г) пропорционально квадрату температуры;
  - д) пропорционально третьей степени температуры;
  - е) пропорционально четвертой степени температуры.
41. Согласно теориям Друде и Зоммерфельда число Лоренца (отношение коэффициента теплопроводности к произведению электропроводности и температуры) зависит от:
- а) концентрации свободных электронов;
  - б) времени между столкновениями частиц;
  - в) размеров элементарной ячейки;
  - г) не зависит от каких-либо параметров металла;

- д) пропорционально квадрату температуры.
42. Функция распределения Ферми-Дирака отличается от своего значения при нулевой температуре в области с шириной порядка:
- а) энергии Ферми  $E_F$ ;
  - б) температуры;
  - в) энергии Ридберга;
  - г) энергии кулоновского взаимодействия между электронами;
  - д) ширины запрещенной зоны материала.
43. Энергия Ферми и граничное волновое число Ферми вычисляются с использованием:
- а) принципа неопределенности;
  - б) принципа Паули;
  - в) принципа причинности;
  - г) принципа наименьшего действия;
  - д) принципа детального равновесия.
44. Типичная скорость электрона поверхности Ферми в металле:
- а) очень мала по сравнению со скоростью движения Земли по орбите вокруг Солнца;
  - б) сопоставима, но несколько меньше скорости движения Земли по орбите вокруг Солнца;
  - в) сопоставима, но несколько больше скорости движения Земли по орбите вокруг Солнца;
  - г) более, чем на порядок, превышает скорость движения Земли по орбите вокруг Солнца (вес – 2).
45. При низких температурах теплоемкость электронного газа:
- а) описывается законом Дюлонга и Пти;
  - б) больше значения, даваемого законом Дюлонга и Пти;
  - в) меньше значения, даваемого законом Дюлонга и Пти.
46. Теплоемкость электронного газа в теории Зоммерфельда при низких температурах:
- а) стремится к постоянному значению;
  - б) пропорциональна температуре;
  - в) пропорциональна кубу температуры;
  - г) обратно пропорциональна температуре;
  - д) пропорциональна квадратному корню из температуры.
47. В разложении Зоммерфельда используется:
- а) малость отношения постоянной решетки к длине свободного пробега;
  - б) малость отношения температуры к энергии Ферми металла;
  - в) малость отношения массы электрона и массы иона;

- г) малость объема, занимаемого ионами, по отношению к объему, занимаемому электронным газом.
48. Дифференциальная термо-э.д.с. Зеебека в теории Зоммерфельда:
- а) не зависит от температуры;
  - б) пропорциональна температуре;
  - в) пропорциональна кубу температуры;
  - г) обратно пропорциональна квадрату температуры.
49. Дифференциальная термо-э.д.с. Зеебека в теории Зоммерфельда:
- а) не зависит от концентрации электронов;
  - б) пропорциональна концентрации электронов;
  - в) обратно пропорциональна концентрации электронов;
  - г) пропорциональна концентрации электронов в степени  $(-2/3)$ ;
  - д) пропорциональна концентрации электронов в степени  $3/4$ .
50. В полупроводниках возможно вырождение электронного газа при комнатной температуре и не слишком высокой концентрации частиц в случае, если:
- а) очень велика эффективная масса электронов;
  - б) очень мала эффективная масса электронов;
  - в) отсутствуют дефекты кристаллической решетки;
  - г) кристаллическая решетка является решеткой Бравэ (вес 2).
51. Электропроводность металла, обладающего бесконечной бездефектной кристаллической решеткой с ионами, жестко закрепленными в узлах:
- а) определяется рассеянием электронов на неподвижных ионах решетки;
  - б) определяется рассеянием электронов друг на друге;
  - в) равна бесконечности;
  - г) равна нулю.
52. Электромагнитное излучение может распространяться в металле:
- а) при любых частотах;
  - б) при частотах, меньших плазменной частоты;
  - в) только при частоте, равной плазменной частоте;
  - г) при частотах, больших плазменной частоты.
53. Среди межатомных связей наименьшей энергией связи характеризуется:
- а) ковалентная связь;
  - б) металлическая связь;
  - в) ван-дер-Ваальсово взаимодействие;
  - г) ионная связь.

54. Квантовые поправки к полной энергии атомов, связываемых взаимодействием ван-дер-Ваальса:
- а) не зависят от массы атомов;
  - б) более существенны в случае легких атомов;
  - в) более существенны в случае тяжелых атомов.
55. Температура плавления твердого тела при увеличении энергии связи атомов в решетке:
- а) не изменяется;
  - б) уменьшается;
  - в) увеличивается.
56. Силы отталкивания, возникающие при сближении атомов, тесно связаны:
- а) с принципом наименьшего действия;
  - б) с принципом Паули;
  - в) с принципом детального равновесия;
  - г) с принципом неопределенности.
57. На расстояниях, малых по сравнению с радиусом экранирования, флуктуации плотности заряда в плазме:
- а) отсутствуют;
  - б) носят чисто статистический характер;
  - в) подавляются экранированием.
58. На расстояниях, больших по сравнению с радиусом экранирования, флуктуации плотности заряда в плазме:
- а) отсутствуют;
  - б) носят чисто статистический характер;
  - в) подавляются экранированием.
59. Радиус экранирования для флуктуаций спиновой плотности электронного газа:
- а) равен радиусу экранирования для флуктуаций плотности заряда;
  - б) намного больше радиуса экранирования в случае флуктуаций плотности заряда;
  - в) равен бесконечности.
60. Плазменная частота это:
- а) частота основной моды коллективных колебаний системы заряженных частиц;
  - б) частота колебаний отдельных заряженных частиц вокруг положений равновесия;
  - в) частота электромагнитной волны, распространяющейся в заряженной среде.

61. Характер отклика плазмы на длинноволновые возмущения:  
а) близок к одночастичному;  
б) коллективный;  
в) такой же, как у системы взаимодействующих диполей.
62. Характер отклика плазмы на коротковолновые возмущения:  
а) близок к одночастичному;  
б) коллективный;  
в) такой же, как у системы взаимодействующих диполей.
63. При увеличении плотности вырожденного электронного газа:  
а) он становится менее идеальным;  
б) он становится более идеальным;  
в) степень его идеальности не изменяется.
64. Частоты высокочастотной и низкочастотной плазменных мод в легированных полупроводниках различаются:  
а) в 2-3 раза;  
б) на 2-3 порядка;  
в) на 4-6 порядков;  
г) на 7-10 порядков.
65. Пусть при столкновении частиц в плазме переданная энергия мала по сравнению с произведением переданного импульса на скорость частиц. В этом случае экранирование кулоновского взаимодействия:  
а) существенно;  
б) несущественно.
66. Быстрые электроны (с энергией в несколько кэВ), проходящие сквозь кристалл, характеризуются:  
а) массой свободного электрона;  
б) эффективной массой электронов в данном кристалле;  
в) эффективной массой, отличной от эффективной массы медленных (блоховских) электронов.
67. Характеристические потери пучка быстрых частиц, проходящих через полупроводник, обусловлены прежде всего:  
а) ионизацией глубоких электронных состояний остова;  
б) возбуждением колебаний решетки;  
в) возбуждением низкочастотных (полупроводниковых) плазмонов;  
г) возбуждением высокочастотных (диэлектрических) плазмонов.
68. Типичные энергии связи в ковалентных кристаллах:  
а) малы по сравнению с энергиями связи в ионных кристаллах;  
б) сопоставимы по величине с энергиями связи в ионных кристаллах;  
в) велики по сравнению с энергиями связи в ионных кристаллах.

69. Постоянная Маделунга для бесконечной цепочки ионов противоположного знака равна:
- $5/3$ ;
  - $2\ln 2$ ;
  - $\sqrt{2}$ ;
  - $3\pi/2$ ;
  - $2\sqrt{\pi}$ .
70. Медленная сходимость сумм Маделунга для трехмерных решеток обусловлена:
- экранированием взаимодействия между ионами;
  - дальнодействующей природой кулоновского взаимодействия;
  - принципом тождественности частиц;
  - специфическими типами симметрии кристаллических решеток ионных кристаллов.
71. Устойчивость кристаллической решетки металла, состоящей из одноименно заряженных ионов, обусловлена:
- потенциалом граничных поверхностей металла;
  - эффективным притяжением между ионами за счет электрон-фононного взаимодействия;
  - эффективным притяжением между ионами за счет поляризации электронного газа.
72. Для улучшения сходимости сумм Маделунга следует:
- суммировать по отдельности четные и нечетные члены ряда;
  - ввести множитель, обеспечивающий затухание далеких членов ряда;
  - выделить вклады приблизительно нейтральных групп атомов.
73. Функция  $\chi_i$ , определяющая поляризуемость газа свободных электронов, дается выражением  $\chi_i(y) = 1/2 + [(1-y^2)/4y] \ln |(1+y)/(1-y)|$ . Величина  $\chi_i(0)$  равна:
- 1;
  - $1/2$ ;
  - 0;
  - бесконечности.
74. Функция  $\chi_i$ , определяющая поляризуемость газа свободных электронов, дается выражением  $\chi_i(y) = 1/2 + [(1-y^2)/4y] \ln |(1+y)/(1-y)|$ . Величина  $\chi_i(1)$  равна:
- 1;
  - $1/2$ ;
  - 0;
  - бесконечности.

75. Функция  $\chi_i$ , определяющая поляризуемость газа свободных электронов, дается выражением  $\chi_i(y) = 1/2 + [(1-y^2)/4y] \ln|(1+y)/(1-y)|$ . При  $y \gg 1$  функция  $\chi_i(y)$  меняется как:
- $\ln y$ ;
  - $\sqrt{y}$ ;
  - $1/\sqrt{y}$ ;
  - $1/y^2$ .
76. Функция  $\chi_i$ , определяющая поляризуемость газа свободных электронов, дается выражением  $\chi_i(y) = 1/2 + [(1-y^2)/4y] \ln|(1+y)/(1-y)|$ . Производная функция  $\chi_i(y)$  при  $y=1$  равна:
- бесконечности;
  - нулю;
  - единице;
  - $1/2$ .
77. Диэлектрическая проницаемость Хартри, зависящая от волнового вектора  $\mathbf{q}$ , при  $q \rightarrow 0$ :
- стремится к нулю;
  - стремится к бесконечности;
  - стремится к единице.
78. Пространственные осцилляции плотности заряда (осцилляции Фриделя) обусловлены:
- плазменными колебаниями;
  - длинноволновыми колебаниями решетки;
  - крутым изменением вблизи поверхности Ферми вероятности заполнения электронами состояний в  $k$ -пространстве (вес 2).
79. Средняя кинетическая энергия электрона в металле равна:
- энергии Ферми;
  - половине энергии Ферми;
  - $2/3$  энергии Ферми;
  - $3/5$  энергии Ферми;
  - $4/7$  энергии Ферми.
80. Энергия Ферми пропорциональна концентрации частиц в степени:
- 0;
  - 1;
  - $1/2$ ;
  - $1/3$ ;
  - $2/3$ ;
  - $3/4$ ;
  - $3/5$ .



81. Увеличение глубины зоны проводимости в металле за счет обменного взаимодействия составляет величину порядка:
- а) 10 мэВ;
  - б) 100 мэВ;
  - в) 1 эВ;
  - г) 10 эВ;
  - д) 100 эВ;
  - е) 1 кэВ.
82. Псевдопотенциалы в теории металлов выбираются таким образом, чтобы:
- а) при решении соответствующего уравнения Шрёдингера не появлялись собственные состояния в области энергий заполненных электронных оболочек;
  - б) максимально соответствовать истинному периодическому потенциалу решетки;
  - в) наилучшим образом описывать зоны, соответствующие глубоким состояниям остова (вес -2).
83. Без привлечения квантовой механики может быть построена последовательная теория:
- а) ван-дер-Ваальсова взаимодействия;
  - б) ковалентной связи;
  - в) металлической связи;
  - г) не может быть построена теория ни для одного из перечисленных типов связей.
84. Без привлечения квантовой механики не может быть удовлетворительным образом:
- а) вычислена частота плазменных колебаний;
  - б) получена формула Лиддена-Сакса-Теллера;
  - в) установлен качественный вид дисперсии колебаний решетки;
  - г) вычислена эффективная масса электронов для случая слабой связи.
85. Предельное волновое число Дебая  $q_D$  по порядку величины сопоставимо:
- а) с обратным боровским радиусом;
  - б) с линейным размером зоны Бриллюэна;
  - в) обратным радиусом экранирования в металле.
86. Температурная зависимость теплоемкости диэлектриков (в области низких температур) удовлетворительно описывается:
- а) моделью Эйнштейна;
  - б) моделью Дебая;
  - в) плохо описывается моделями Эйнштейна и Дебая.

87. Вклад электронов в теплоемкость металлов доминирует над вкладом колебаний решетки:
- а) при любых температурах;
  - б) при очень низких температурах;
  - в) при очень высоких температурах.
88. Дебаевская температура:
- а) обычно сопоставима по величине с шириной запрещенной зоны с полупроводниках АЗВ5;
  - б) обычно велика по сравнению с шириной запрещенной зоны;
  - в) обычно сопоставима с комнатной температурой.
89. Переход от эйнштейновской модели колебаний решетки производится путем:
- а) заменой одной эйнштейновской частоты континуумом частот с постоянной плотностью;
  - б) учетом экранирования в выражении для частоты ионно-плазменных колебаний, моделирующей частоту Эйнштейна;
  - в) учета экспоненциальной зависимости эйнштейновской теплоемкости от температуры.
90. Теплоемкость решетки при низких температурах:
- а) стремится к постоянному значению;
  - б) пропорциональна температуре;
  - в) пропорциональна кубу температуры;
  - г) обратно пропорциональна температуре;
  - д) пропорциональна квадратному корню из температуры.
91. При малых значениях волнового вектора  $q$  частота нормальных колебаний одномерной цепочки из одинаковых атомов:
- а) не зависит от  $q$ ;
  - б) пропорциональна  $q$ ;
  - в) пропорциональна  $q^2$ ;
  - г) пропорциональна  $q^3$ .
92. В случае акустических колебаний двухатомной линейной цепочки с периодом  $2a$  при  $q=\pi/2a$ :
- а) соседние атомы колеблются в фазе;
  - б) соседние атомы колеблются с противоположными фазами;
  - в) движутся только тяжелые атомы в фазе с ближайшими тяжелыми атомами;
  - г) движутся только тяжелые атомы в противофазе с ближайшими тяжелыми атомами;
  - д) движутся только легкие атомы в фазе с ближайшими легкими атомами;

- е) движутся только легкие атомы в противофазе с ближайшими легкими атомами (вес 2).
93. В случае оптических колебаний двухатомной линейной цепочки с периодом  $2a$  при  $q=\pi/2a$ :
- а) соседние атомы колеблются в фазе;
  - б) соседние атомы колеблются с противоположными фазами;
  - в) движутся только тяжелые атомы в фазе с ближайшими тяжелыми атомами;
  - г) движутся только тяжелые атомы в противофазе с ближайшими тяжелыми атомами;
  - д) движутся только легкие атомы в фазе с ближайшими легкими атомами;
  - е) движутся только легкие атомы в противофазе с ближайшими легкими атомами (вес 2).
94. При колебаниях одномерной цепочки из одинаковых атомов в длинноволновом пределе соседние атомы колеблются:
- а) в фазе;
  - б) с фазами, сдвинутыми на  $\pi/2$ ;
  - в) в противофазе.
95. При оптических колебаниях одномерной цепочки, состоящей из атомов двух типов, в длинноволновом пределе соседние атомы колеблются:
- а) в фазе
  - б) с фазами, сдвинутыми на  $\pi/2$
  - в) в противофазе
96. Частоты оптических колебаний в длинноволновом пределе стремятся:
- а) к нулю;
  - б) к постоянному конечному значению;
  - в) к бесконечности.
97. Оператор числа фононов:
- а) не изменяет числа заполнения фононов;
  - б) увеличивает числа заполнения на единицу;
  - в) уменьшает числа заполнения на единицу.
98. Для одномерной решетки с 8 атомами в элементарной ячейке число оптических ветвей колебаний равно:
- а) 0;
  - б) 1;
  - в) 4;
  - г) 7;
  - д) 8.

99. Для двумерной решетки с 3 атомами в элементарной ячейке число оптических ветвей колебаний равно:
- а) 2;
  - б) 4;
  - в) 1;
  - г) 3.
100. Для трехмерной решетки с 5-ю атомами в элементарной ячейке число оптических ветвей колебаний равно:
- а) 5;
  - б) 2;
  - в) 15;
  - г) 12;
  - д) 18.
101. При длинноволновых оптических колебаниях решетки не изменяется:
- а) положение центра тяжести элементарной ячейки;
  - б) состояния электронов проводимости;
  - в) относительное расположение соседних ионов.
102. Деполяризующее электрическое поле отсутствует:
- а) при продольных оптических колебаниях решетки;
  - б) при поперечных оптических колебаниях решетки;
  - в) как при продольных, так и при поперечных оптических колебаниях решетки (вес 2).
103. Частоты продольных и поперечных оптических колебаний решетки:
- а) совпадают;
  - б) частота поперечных колебаний больше частоты продольных колебаний;
  - в) частота продольных колебаний больше частоты поперечных колебаний.
104. Диэлектрическая проницаемость решетки ионного кристалла на частоте продольных оптических колебаний обращается в:
- а) нуль;
  - б) единицу;
  - в) бесконечность.
105. Диэлектрическая проницаемость решетки ионного кристалла на частоте поперечных оптических колебаний обращается в:
- а) нуль;
  - б) единицу;
  - в) бесконечность.

106. В отсутствие эффектов затухания высокочастотная диэлектрическая проницаемость диэлектрика:
- а) совпадает по величине со статической диэлектрической проницаемостью;
  - б) уступает по величине статической диэлектрической проницаемости;
  - в) превосходит по величине статическую диэлектрическую проницаемость.
107. Частота остаточных лучей равна:
- а) плазменной частоте;
  - б) частоте продольных оптических колебаний;
  - в) частоте поперечных оптических колебаний.
108. Щель между верхней и нижней поляритонными ветвями равна:
- а) частоте плазменных колебаний;
  - б) частоте продольных оптических колебаний;
  - в) частоте поперечных оптических колебаний;
  - г) сумме частот продольных и поперечных оптических колебаний;
  - д) разности частот поперечных и продольных оптических колебаний.
109. При малых значениях волнового вектора нижняя ветвь спектра фонон-фотонных поляритонов:
- а) приближается к дисперсионной кривой (прямой) для низкочастотных фотонов;
  - б) приближается к дисперсионной кривой (прямой) для высокочастотных фотонов;
  - в) приближается к частоте продольных оптических колебаний решетки;
  - г) приближается к частоте поперечных оптических колебаний решетки;
  - д) приближается к дебаевской частоте колебаний.
110. При больших значениях волнового вектора нижняя ветвь спектра фонон-фотонных поляритонов:
- а) приближается к дисперсионной кривой (прямой) для низкочастотных фотонов;
  - б) приближается к дисперсионной кривой (прямой) для высокочастотных фотонов;
  - в) приближается к частоте продольных оптических колебаний решетки;
  - г) приближается к частоте поперечных оптических колебаний решетки;
  - д) приближается к дебаевской частоте колебаний.

111. При малых значениях волнового вектора верхняя ветвь спектра фонон-фотонных поляритонов:
- а) приближается к дисперсионной кривой (прямой) для низкочастотных фотонов;
  - б) приближается к дисперсионной кривой (прямой) для высокочастотных фотонов;
  - в) приближается к частоте продольных оптических колебаний решетки;
  - г) приближается к частоте поперечных оптических колебаний решетки;
  - д) приближается к дебаевской частоте колебаний.
112. При больших значениях волнового вектора нижняя ветвь спектра фонон-фотонных поляритонов:
- а) приближается к дисперсионной кривой для низкочастотных фотонов;
  - б) приближается к дисперсионной кривой (прямой) для высокочастотных фотонов;
  - в) приближается к частоте продольных оптических колебаний решетки;
  - г) приближается к частоте поперечных оптических колебаний решетки;
  - д) приближается к дебаевской частоте колебаний.
113. Дискретные пики на зависимости числа рассеянных кристаллической решеткой нейтронов от переданной при рассеянии энергии соответствуют:
- а) однофононным процессам;
  - б) двухфононным процессам;
  - в) процессам с участием трех и более фононов.
114. Эффективное сечение бесфононного рассеяния нейтронов решеткой, состоящей из  $N$  атомов, пропорционально:
- а)  $N^0$  (не зависит от  $N$ );
  - б)  $N$ ;
  - в)  $N^2$ ;
  - г)  $N^3$ .
115. Эффективное сечение однофононного рассеяния нейтронов решеткой, состоящей из  $N$  атомов, пропорционально:
- а)  $N$ ;
  - б)  $N^2$ ;
  - в)  $N^3$ .

116. Эффективное сечение двухфононного рассеяния нейтронов решеткой, состоящей из  $N$  атомов, пропорционально:
- а)  $N$ ;
  - б)  $N^2$ ;
  - в)  $N^3$ .
117. Эффективное сечение  $n$ -фононного рассеяния нейтронов решеткой, состоящей из  $N$  атомов, пропорционально:
- а)  $N$ ;
  - б)  $N^n$ ;
  - в)  $N^{\sqrt{n}}$ .
118. Конечная ширина пиков в рассеянии нейтронов кристаллической решеткой обусловлена:
- а) наличием дисперсии колебаний решетки;
  - б) ангармонизмом колебаний решетки;
  - в) наличием нескольких ветвей колебаний решетки.
119. Фактор Дебая-Уоллера описывает:
- а) уменьшение интенсивности бесфононной линии за счет увеличения интенсивности пиков, соответствующих рассеянию нейтронов с участием фононов;
  - б) общее уменьшение интенсивности рассеяния нейтронов при наличии колебаний решетки;
  - в) рассеяние нейтронов за счет процессов с участием двух и более фононов.
120. Фактор Дебая-Уоллера с ростом температуры:
- а) возрастает;
  - б) не меняется;
  - в) убывает.
121. Фактор Дебая-Уоллера не включается в описание:
- а) эффекта Мёссбауэра;
  - б) многофононных полос и бесфононных линий оптического поглощения в центрах окраски;
  - в) непрямых межзонных переходов в кремнии;
  - г) рассеяния нейтронов колебаниями решетки (вес 2).
122. Теплопроводность идеальной строго гармонической решетки равна:
- а) нулю;
  - б) бесконечности;
  - в) конечному значению, не зависящему от температуры.
123. Частоты нормальных колебаний кристаллической решетки:
- а) не зависят от равновесного объема кристалла;

- б) зависят от равновесного объема кристалла, в том числе, и в случае строго гармонической решетки;
- в) зависят от равновесного объема кристалла только за счет эффектов ангармонизма колебаний решетки.
124. Коэффициент тепловодного расширения идеальной строго гармонической решетки равен:
- а) нулю;
  - б) бесконечности;
  - в) конечному значению, не зависящему от температуры.
125. Коэффициент теплопроводности:
- а) пропорционален вероятности рассеяния квазичастиц, переносящих тепловую энергию;
  - б) обратно пропорционален вероятности рассеяния квазичастиц, переносящих тепловую энергию;
  - в) не зависит от вероятности рассеяния квазичастиц, переносящих тепловую энергию.
126. В модели Дебая параметр Грюнайзена:
- а) равен нулю;
  - б) равен бесконечности;
  - в) одинаков для всех мод;
  - г) линейно зависит от волнового вектора (вес 3).
127. В области температур, больших по сравнению с дебаевской температурой коэффициент теплопроводности:
- а) практически не зависит от температуры;
  - б) уменьшается с ростом температуры;
  - в) увеличивается с ростом температуры.
128. Температурная зависимость теплопроводности решетки в области температур  $0 < T < 10$  К обусловлена:
- а) температурной зависимостью теплоемкости;
  - б) процессами переброса при столкновениях фононов;
  - в) нормальными процессами при столкновениях фононов (вес 3).
129. При построении теории ангармонических процессов:
- а) достаточно ограничиться учетом кубичного по смещениям атомов ангармонизма;
  - б) необходимо учитывать, как минимум, члены третьего и четвертого порядков;
  - в) обязательно учитывать вклад членов всех порядков по смещениям.
130. Температурная зависимость теплопроводности решетки в области температур, меньших температуры Дебая, но не очень низких, обусловлена:



- а) температурной зависимостью теплоемкости;
  - б) процессами переброса при столкновениях фононов;
  - в) нормальными процессами при столкновениях фононов.
131. Ангармонизм третьего порядка отвечает:
- а) за процессы рассеяния, в которых вместо трех исходных фононов появляются другие три фонона;
  - б) за процессы рассеяния, в которых три исходных фонона сливаются в один фонона;
  - в) за процессы рассеяния, в которых исходный фонон распадается на два фонона;
  - г) за процессы рассеяния, в которых исходный фонон распадается на три фонона.
132. Ангармонизм четвертого порядка отвечает:
- а) за процессы рассеяния, в которых вместо четырех исходных фононов появляются другие четыре фонона;
  - б) за процессы рассеяния, в которых четыре исходных фонона сливаются в один фонон;
  - в) за процессы рассеяния, в которых исходный фонон распадается на три фонона;
  - г) за процессы рассеяния, в которых исходный фонон распадается на четыре фонона.
133. За счет ангармонизма 5-го порядка возможны:
- а) 3 типа столкновений фононов;
  - б) 4 типа столкновений фононов;
  - в) 5 типов столкновений фононов;
  - г) 8 типов столкновений фононов.
134. Константа деформационного потенциала:
- а) всегда положительна;
  - б) всегда отрицательна;
  - в) может иметь любой знак;
  - г) является комплексной величиной (вес 2).
135. Типичные значения константы деформационного потенциала составляют:
- а) 100-1000 эВ;
  - б) 1-100 мэВ;
  - в) 1-10 эВ.
136. При деформационном механизме взаимодействия электронов с q-й модой акустических колебаний оператор взаимодействия пропорционален:
- а)  $1/q^2$ ;
  - б)  $1/q$ ;

- в)  $1/q^{1/2}$  ;
- г)  $q^0$  (не зависит от  $q$ );
- д)  $q^{1/2}$ ;
- е)  $q$ ;
- ж)  $q^2$ .

137. В случае анизотропного кристалла остается скалярной величиной:
- а) скорость звука;
  - б) эффективная масса;
  - в) константа деформационного потенциала;
  - г) концентрация свободных носителей;
  - д) диэлектрическая проницаемость.
138. Минимальная групповая скорость электронов, необходимая для испускания акустического фонона равна:
- а) скорости звука Бома-Стейвера;
  - б) скорости звука;
  - в) скорости электронов на уровне Ферми.
139. Типичные времена рассеяния электронов на акустических фононах в ковалентных кристаллах составляют:
- а) 1-100 мкс;
  - б) 1-10 нс;
  - в) 10-100 пс;
  - г) 10-100 фс.
140. Большие значения константы Фрѐлиха характерны для:
- а) кристаллов типа германия или кремния;
  - б) полупроводников типа АЗВ5;
  - в) ионных кристаллов.
141. Типичные времена рассеяния электронов на оптических фононах в ионных кристаллах составляют:
- а) 10-100 мкс;
  - б) 10-100 нс;
  - в) 0,1-1 пс;
  - г) 10-100 фс.
142. Гамильтониан Фрѐлиха получен:
- а) в пренебрежении дисперсией оптических фононов;
  - б) с приближенным, с точностью до членов  $\sim q^2$ , учетом дисперсии оптических фононов;
  - в) с точным учетом дисперсии оптических фононов (вес 3).
143. Значения постоянной Фрѐлиха, малые по сравнению с единицей, соответствуют случаю:
- а) слабой связи электронов с поперечными акустическими фононами;

- б) сильной связи электронов с продольными акустическими фононами;
  - в) слабой связи электронов с поперечными оптическими фононами;
  - г) сильной связи электронов с продольными оптическими фононами;
  - д) слабой связи электронов с продольными оптическими фононами;
  - е) сильной связи электронов с поперечными оптическими фононами.
144. При поляризационном механизме взаимодействия электронов с  $q$ -й модой продольных оптических колебаний оператор взаимодействия пропорционален:
- а)  $1/q^2$ ;
  - б)  $1/q$ ;
  - в)  $1/q^{1/2}$ ;
  - г)  $q^0$  (не зависит от  $q$ );
  - д)  $q^{1/2}$ ;
  - е)  $q$
  - ж)  $q^2$ .
145. Типичные значения энергии связи полярона лежат в интервале:
- а) 10-100 эВ;
  - б) 30-300 мэВ;
  - в) 1,5-15 эВ;
  - г) 0,1-10 кэВ.
146. Энергия связи полярона не зависит от:
- а) частоты оптических колебаний;
  - б) эффективной диэлектрической проницаемости;
  - в) эффективной массы электронов или дырок;
  - г) дебаевской частоты колебаний.
147. Эффективная масса полярона:
- а) равна нулю;
  - б) равна бесконечности;
  - в) совпадает с эффективной массой электрона (дырки);
  - г) конечна, но меньше эффективной массы электрона (дырки);
  - д) больше эффективной массы электрона (дырки).
148. В случае полярона сильной связи эффективная масса:
- а) не зависит от константы Фрелиха  $\alpha$ ;
  - б) уменьшается с ростом константы Фрелиха как  $1/\alpha^2$ ;
  - в) растет с увеличением  $\alpha$  как  $\alpha^2$ ;
  - г) растет с ростом  $\alpha$  как  $\alpha^4$ ;
  - д) растет как  $\sqrt{\varepsilon^2 + \alpha^2}$ .
149. Минимальная величина кванта света, необходимая для фотоионизации полярона:

- а) равна энергии связи полярона;
  - б) меньше энергии связи полярона;
  - в) больше энергии связи полярона (вес 2).
150. Полярон является:
- а) локализованной частицей;
  - б) может перемещаться по кристаллу с любой скоростью;
  - в) скорость полярона не может превышать групповую скорость оптических фононов.
151. С помощью метода сильной связи удобно рассчитывать зоны, построенные из:
- а) волновых функций внешних валентных электронов;
  - б) волновых функций глубоких состояний остова;
  - в) волновые функции экситонов Ванье-Мотта.
152. Волновые функции глубоких электронных состояний остова:
- а) плавно меняются на расстояниях порядка постоянной решетки;
  - б) быстро осциллируют;
  - в) могут считаться константами, не зависящими от координаты.
153. При увеличении интегралов перекрытия в методе сильной связи:
- а) уменьшается ширина разрешенной зоны;
  - б) увеличивается эффективная масса;
  - в) уменьшается эффективная масса.
154. Из принципа наименьшего действия вытекает положительность «обычной» массы частиц. Эффективная масса электрона в кристалле:
- а) может быть только положительной;
  - б) может иметь произвольный знак;
  - в) является комплексной величиной.
155. Эффективная масса электрона в кристалле:
- а) является постоянной для каждой зоны;
  - б) может зависеть от энергии электронов или дырок (вес 2).
156. На узлах кристаллической решетки локализованы:
- а) функции Блоха;
  - б) функции Ванье;
  - в) функции Эйри;
  - г) сферические функции Бесселя;
  - д) функции Грина.
157. В уравнении для огибающей волновой функции согласно теореме Ванье:
- а) явно фигурирует периодический потенциал решетки;
  - б) периодический потенциал решетки заменяется модельным псевдопотенциалом;

- в) периодический потенциал отсутствует, но оператор кинетической энергии включает эффективную массу электрона или дырки;
- г) периодический потенциал учитывается путем изменения вида потенциала внешнего поля или дефекта решетки.
158. Muffin-tin потенциал:
- а) позволяет точнее аппроксимировать реальный потенциал решетки;
  - б) резко улучшает сходимость методов расчета зонной структуры;
  - в) резко упрощает учет граничных условий (на границах между элементарными ячейками).
159. Присоединенные плоские волны в областях между атомами:
- а) удовлетворяют уравнению Шрёдингера для свободных частиц;
  - б) не удовлетворяют уравнению Шрёдингера;
  - в) ортогональны блоховским волновым функциям;
  - г) ортогональны функциям Ванье.
160. В методе присоединенных плоских волн (ППВ):
- а) ищется точное решение уравнения Шрёдингера;
  - б) ищется приближенное решение уравнения Шрёдингера с помощью теории возмущений;
  - в) выполняется минимизация функционала энергии с пробными функциями в виде ППВ.
161. В методе Корринги, Кона и Ростокера зависимость от геометрии кристаллической решетки содержится:
- а) в операторе потенциальной энергии;
  - б) в функции Грина;
  - в) огибающей волновой функции.
162. Ортогонализованные плоские волны ортогональны:
- а) волновым функциям остова;
  - б) всем функциям Ванье;
  - в) всем атомным волновым функциям.
163. Хорошая сходимость метода ортогонализованных плоских волн (ОПВ) обусловлена:
- а) быстрым затуханием ОПВ с увеличением длины волнового вектора;
  - б) со слабым перекрытием волновых функций остова;
  - в) с малостью матричных элементов потенциала, построенных на ОПВ.
164. Функции Ванье отличаются от атомных волновых функции в методе сильной связи тем, что:
- а) атомные волновые функции сильнее локализованы;
  - б) функции Ванье можно представить в виде разложения по блоховским функциям;

- в) функции Ванье, локализованные на различных атомах, ортогональны (вес 2).
165. При построении **k-p**-теории возмущений в качестве базиса используются:
- а) функции Блоха;
  - б) функции Ванье;
  - в) функции Кона-Латтинджера;
  - г) огибающие волновые функции;
  - д) сферические функции Бесселя.
166. В материалах  $A_3B_5$ , зонная структура которых описывается **k-p**-теорией возмущений и моделью Кейна, малым значениям ширины запрещенной зоны соответствуют:
- а) малые значения эффективной массы электронов;
  - б) большие эффективные массы электронов;
  - в) ширина запрещенной зоны практически не коррелирует с эффективной массой.
167. Эффективная масса экситона Ванье-Мотта равна:
- а) нулю;
  - б) бесконечности;
  - в) сумме эффективных масс электрона и дырки;
  - г) приведенной массе электрона и дырки (вес 3).
168. Энергия связи экситона Ванье-Мотта:
- а) мала по сравнению с шириной запрещенной зоны;
  - б) сопоставима с шириной запрещенной зоны;
  - в) равна энергии связи полярона;
  - г) равна ширине запрещенной зоны.
169. За счет экситонных эффектов поглощение света с энергией кванта, равной ширине запрещенной зоны:
- а) увеличивается;
  - б) уменьшается;
  - в) остается практически неизменным (вес 2).
170. Не существует:
- а) экситонных поляронов;
  - б) поверхностных плазмон-фононных поляритонов;
  - в) экситон-фотонных поляритонов;
  - г) электрон-фотонных поляритонов;
  - д) дырочных поляронов.
171. За счет поглощения света могут возбуждаться экситонные состояния:
- а) только p-типа;
  - б) только s-типа;

- в) любые экситонные состояния.
172. Боровский радиус экситона Ванье-Мотта:
- а) сопоставим по величине с длиной волны света, возбуждающего экситон;
  - б) не превосходит постоянную решетки;
  - в) составляет величину порядка десятков постоянных решетки;
  - г) совпадает с радиусом экранирования Томаса-Ферми.
173. В выражении для энергии Ферми экситонов Ванье-Мотта:
- а) фигурируют по отдельности эффективные массы электронов и дырок;
  - б) фигурирует лишь приведенная масса электрона и дырки;
  - в) фигурирует лишь суммарная масса электрона и дырки;
  - г) фигурируют приведенная и суммарная масса электрона и дырки;
  - д) энергии Ферми для экситонов не существует.
174. Два электрона могут образовать связанную водородоподобную систему, если:
- а) один из электронов локализован на каком-либо дефекте решетки;
  - б) знаки эффективных масс электронов противоположны;
  - в) не могут ни при каких условиях (вес 5).
175. Электрический ток может быть связан с:
- а) акустическими фононами;
  - б) поляронами;
  - в) экситонами Френкеля;
  - г) поляритонами;
  - д) плазмонами;
  - е) продольными оптическими фононами;
  - ж) поперечными оптическими фононами;
  - з) экситонами Ванье-Мотта (вес-3).
176. Коэффициент поглощения света свободными носителями заряда при увеличении длины волны:
- а) возрастает;
  - б) стремится к постоянному значению;
  - в) уменьшается.
177. В случае непрямых оптических переходов с участием фононов:
- а) сначала поглощается фотон, а затем поглощается или испускается фонон;
  - б) сначала поглощается или испускается фонон, а затем поглощается фотон;
  - в) всегда имеют место и процессы, в которых сначала происходит поглощение фотона, а затем поглощение или испускание фонона, и процессы, в которых события происходят в обратном порядке;

- г) поглощение фотона и поглощение (испускание) фонона происходят в одном элементарном акте, разделить во времени эти события невозможно (вес 3).
178. В непрямых оптических переходах в кристаллах могут участвовать:
- а) только акустические фононы;
  - б) только оптические фононы;
  - в) как акустические так и оптические фононы.
179. Отношение длины волнового вектора фотона для света видимого диапазона к длине волнового вектора теплового электрона при комнатной температуре является величиной:
- а) порядка 10;
  - б) порядка единицы;
  - в) порядка 1/10;
  - г) порядка 1/100;
  - д) порядка 1/10000.
180. В одномерной потенциальной яме:
- а) всегда есть, по меньшей мере, один уровень размерного квантования;
  - б) в очень мелкой потенциальной яме может не быть ни одного уровня размерного квантования;
  - в) если ширина ямы меньше некоторого критического значения, уровень размерного квантования существует при любой глубине ямы;
  - г) если ширина ямы больше некоторого критического значения, уровень размерного квантования существует при любой глубине ямы (вес 2).
181. Эффект размерного квантования отсутствует, если ширина квантовой ямы превышает:
- а) боровский радиус экситона;
  - б) линейный размер элементарной ячейки кристалла;
  - в) длину свободного пробега электронов (вес 2).
182. При приведении в контакт двух компонент гетероструктуры происходит выравнивание:
- а) уровней энергий вакуума;
  - б) уровней Ферми;
  - в) уровней энергий дна зоны проводимости;
  - г) уровней энергий потолка валентной зоны.
183. Сумма разрывов валентной зоны и зоны проводимости на границе раздела гетерокомпонент равна:
- а) разности ширин запрещенных зон в двух компонентах гетероструктуры;
  - б) разности работ выхода в двух компонентах гетероструктуры;



- в) разности энергий электронного сродства в двух компонентах гетероструктуры.
184. Гетероструктура, в которой область, занимаемая одной из компонент, является ямой как для электронов, так и для дырок, относится:
- а) к типу I;
  - б) к типу II;
  - в) к типу III (вес 2).
185. Гетероструктура, в которой область, занимаемая одной из компонент, является ямой для электронов и барьером для дырок, относится:
- а) к типу I;
  - б) к типу II;
  - в) к типу III;
  - г) таких гетероструктур не существует (вес 2).
186. С увеличением толщины барьеров в сверхрешетке происходит:
- а) расширение разрешенных минизон;
  - б) сужение разрешенных минизон;
  - в) не происходит ни расширения, ни сужения минизон.
187. Межподзонные оптические переходы в прямоугольных квантовых ямах могут происходить:
- а) только в случае, если номера подзон, между которыми идут переходы, отличаются на единицу;
  - б) между любыми подзонами;
  - в) между подзонами, номера которых обладают противоположной четностью (вес 2).
188. Межзонные оптические переходы в прямоугольных квантовых ямах могут происходить:
- а) только в случае, если номера подзон в яме для электронов и яме для дырок, между которыми идут переходы, отличаются на единицу;
  - б) между любыми подзонами;
  - в) между подзонами, номера которых обладают противоположной четностью;
  - г) только в случае, если номера подзон в яме для электронов и яме для дырок, между которыми идут переходы, одинаковы (вес 2).
189. Матричные элементы разрешенных межзонных оптических переходов в квантовых ямах:
- а) такие же, как в объемном материале;
  - б) зависят от ширины квантовой ямы;
  - в) зависят от глубины квантовой ямы;
  - г) зависят от ширины и глубины квантовой ямы (вес 3).
190. Энергия связи для основного состояния двумерного экситона:

- а) такая же, как у трехмерного экситона;
  - б) в два раза меньше, чем у трехмерного экситона;
  - в) в четыре раза меньше, чем у трехмерного экситона;
  - г) в два раза больше, чем у трехмерного экситона;
  - д) в четыре раза больше, чем у трехмерного экситона.
191. При увеличении диэлектрической проницаемости в два раза энергия связи экситона Ванье-Мотта:
- а) не изменяется;
  - б) увеличивается в два раза;
  - в) уменьшается в 2 раза;
  - г) увеличивается в четыре раза;
  - д) уменьшается в четыре раза.
192. Спад интенсивности линии оптического поглощения на переходах в  $n$ -е экситонное состояние с увеличением главного квантового числа  $n$ :
- а) не имеет места;
  - б) происходит только в случае трехмерных экситонов;
  - в) происходит только в случае двумерных экситонов;
  - г) для двумерных экситонов медленнее, чем для трехмерных;
  - д) для трехмерных экситонов медленнее, чем для двумерных.
193. В случае, когда разрешен однофотонный межзонный переход, трехфотонный переход между теми же зонами является:
- а) разрешенным;
  - б) запрещенным;
  - в) разрешено-запрещенным (вес 3).
194. Если свет при прохождении через твердое тело поглощается в результате двухфотонных переходов, то:
- а) его интенсивность спадает экспоненциально с координатой;
  - б) поглощение света происходит в тонком приповерхностном слое;
  - в) при достаточно большой длине оптического пути интенсивность прошедшего света стремится к конечному пределу, не зависящему от интенсивности падающего света (вес 3).
195. Правила отбора при многофотонных переходах:
- а) зависят от выбора промежуточных виртуальных состояний;
  - б) определяются только симметрией начального и конечного состояний;
  - в) переходы с участием более двух фотонов всегда разрешены;
  - г) переходы с участием более двух фотонов всегда запрещены (вес 4).
196. В случае почти одинаковых наклонов валентной зоны и зоны проводимости вероятность двухфотонных межзонных переходов:
- а) аномально велика;
  - б) аномально мала;

- в) равна вероятности однофотонных переходов (вес 4).
197. Нелинейные оптические процессы начинают проявляться при меньших интенсивностях света:
- а) в материалах типа InSb или InAs с узкой запрещенной зоной;
  - б) в полупроводниках типа A<sub>2</sub>B<sub>6</sub>;
  - в) в ионных кристаллах типа NaCl (вес 5).
198. Влияние постоянного внешнего электрического поля на поглощение света в экситонной области спектра в объемных кристаллах:
- а) незначительно;
  - б) сводится, главным образом, к уширению экситонных пиков;
  - в) сводится, главным образом, к «красному» сдвигу экситонных пиков;
  - г) сводится, главным образом, к «синему» сдвигу экситонных пиков.
199. Влияние постоянного внешнего электрического поля на поглощение света в экситонной области спектра в квантовых ямах в поле, параллельном плоскости ям:
- а) незначительно;
  - б) сводится, главным образом, к уширению экситонных пиков;
  - в) сводится, главным образом, к «красному» сдвигу экситонных пиков;
  - г) сводится, главным образом, к «синему» сдвигу экситонных пиков.
200. Влияние постоянного внешнего электрического поля на поглощение света в экситонной области спектра в квантовых ямах в поле, параллельном оси роста гетероструктуры:
- а) незначительно;
  - б) сводится, главным образом, к уширению экситонных пиков;
  - в) сводится, главным образом, к «красному» сдвигу экситонных пиков;
  - г) сводится, главным образом, к «синему» сдвигу экситонных пиков.
201. При квантово-ограниченном эффекте Штарка максимальный сдвиг экситонных уровней:
- а) всегда мал по сравнению с энергией связи экситона;
  - б) может быть сопоставим с энергией связи экситона;
  - в) может в несколько раз превосходить энергию связи экситона;
  - г) не может превышать энергию связи в экситонной молекуле.
202. Размерное квантование в квантовых точках:
- а) не приводит к сдвигу экситонных пиков;
  - б) приводит к «красному» сдвигу экситонных пиков;
  - в) приводит к «синему» сдвигу экситонных пиков (вес 2).

## НАБОР ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 2

### «Наноструктуры в электронике, опто-информационных системах, биологии и медицине»

**1.** Известно, что наряду с собственным поглощением света в веществе могут происходить и другие процессы. Назовите, как называется процесс поглощения, вызванный ионизацией атомов примеси?

Поглощение на свободных носителях заряда; примесное поглощение; плазменное поглощение.

**2.** Известно, что наряду с собственным поглощением света в веществе могут происходить и др. процессы. Назовите, как называется процесс поглощения, обусловленный взаимодействием световой волны с колебаниями решетки, что приводит к изменению числа оптических фононов.

Плазменное поглощение; решеточное поглощение; внутризонное поглощение.

**3.** Известно, что наряду с собственным поглощением света в веществе могут происходить и др. процессы. Назовите, как называется процесс поглощения, связанный с образованием связанной пары электрон-дырка.

Решеточное поглощение; примесное поглощение; экситонное поглощение.

**4.** Известно, что наряду с собственным поглощением света в веществе могут происходить и др. процессы. Назовите, как называется процесс поглощения, обусловленный поглощением совокупности свободных электронов и дырок.

Плазменное поглощение, экситонное поглощение, решеточное поглощение.

**5.** Известно, что наряду с собственным поглощением света в веществе могут происходить и др. процессы. Назовите, как называется процесс поглощения, характерный для веществ со сложной структурой зон, таких, например, как германий или кремний.

Экситонное поглощение, поглощение на свободных носителях, внутризонное поглощение.

**6.** Известно, что наряду с собственным поглощением света в веществе могут происходить и др. процессы. Назовите, как называется процесс поглощения, обусловленный тем, что световая волна отдает часть энергии на движение носителей, вызывая их ускорение.

Экситонное, решеточное поглощение; поглощение на свободных носителях.

7. Определите среднюю длину свободного пробега фотона в поглощающем веществе, если сечение поглощения равно  $10^{-17} \text{ см}^2$ , концентрация поглощающих центров равна  $10^{22} \text{ см}^{-3}$ .

$10^5 \text{ см}$ ;  $10^{-6} \text{ см}$ ;  $10^{-5} \text{ см}$ ;

8. Определите среднюю длину свободного пробега фотона в поглощающем веществе, если сечение поглощения равно  $10^{-16} \text{ см}^2$ , концентрация поглощающих центров равна  $10^{22} \text{ см}^{-3}$ .

$10^{-5} \text{ см}$ ;  $10^{-6} \text{ см}$ ;  $10^6 \text{ см}$ .

9. Определите среднюю длину свободного пробега фотона в поглощающем веществе, если сечение поглощения равно  $10^{-17} \text{ см}^2$ , концентрация поглощающих центров равна  $10^{23} \text{ см}^{-3}$ .

$10^5 \text{ см}$ ;  $10^{-6} \text{ см}$ ;  $10^{-4} \text{ см}$ .

10. Определите среднюю длину свободного пробега фотона в поглощающем веществе, если сечение поглощения равно  $10^{-16} \text{ см}^2$ , концентрация поглощающих центров равна  $10^{23} \text{ см}^{-3}$ .

$10^5 \text{ см}$ ;  $10^{-6} \text{ см}$ ;  $10^{-7} \text{ см}$ .

11. С учетом формулы Френеля определите коэффициент отражения стекла от одной и двух поверхностей, если показатель преломления равен 1.5.

3% и 6%; 4% и 8%; 5% и 10%.

12. С учетом формулы Френеля определите коэффициент отражения стекла от одной и двух поверхностей, если показатель преломления равен 1.9.

7% и 14%; 9,6% и 19,2%; 10% и 20%.

13. Известно, что для уменьшения потерь на отражение оптические элементы подвергают специальной обработке, которая получила название «просветление оптики». Чтобы потери на отражение света с определенной длиной волны были минимальными, наносимая на оптический элемент пленка должна иметь определенную оптическую толщину, кратную:  $\lambda/2$ ;  $\lambda/4$ ;  $\lambda/10$ . Какое соотношение верное?

$\lambda/4$ .

14. Известно, что стекла, содержащие активаторы люминесценции, широко применяются в лазерной технике. В качестве активаторов используются эрбий, уранил, другие. Скажите, у какого стекла максимальная величина яркости свечения принята за 100 единиц и является калибровочной для других стекол?

Стекло НС-23; стекло БС-10; стекло ЖС-19.

15. Известно, что твердость оптического материала может быть определена разными методами. Как называется твердость при царапании материала?

Микротвердость; абразивная; склерометрическая.

**16.** Известно, что твердость оптического материала может быть определена разными методами. Как называется твердость при вдавливании материала?

Микротвердость; абразивная; склерометрическая.

**17.** Известно, что твердость оптического материала может быть определена разными методами. Как называется твердость при сошлифовывании материала?

Микротвердость; абразивная; склерометрическая.

**18.** Известно, что оптические стекла делятся на две большие группы в зависимости от их показателя преломления и дисперсии. К какому типу стекол относятся данные материалы, если их показатель преломления лежит в диапазоне 1-47-1.67, а дисперсия составляет 70-51?

Флинты; кроны.

**19.** Известно, что оптические стекла делятся на две большие группы в зависимости от их показателя преломления и дисперсии. К какому типу стекол относятся данные материалы, если их показатель преломления лежит в диапазоне 1-52-1.90, а дисперсия составляет 54-15?

Флинты; кроны.

**20.** Определите ширину запрещенной зоны материала на основе CdS, если его край спектра поглощения лежит вблизи длины волны 515 нм.

2.2 эВ; 2.4 эВ; 1.4 эВ.

**21.** Определите ширину запрещенной зоны материала на основе CdSe, если его край спектра поглощения лежит вблизи длины волны 651 нм.

2.2 эВ; 1.9 эВ; 1.5 эВ.

**22.** Определите ширину запрещенной зоны материала на основе фуллерена C<sub>60</sub>, если его край спектра поглощения лежит вблизи длины волны 526 нм.

2.2 эВ; 2.35 эВ; 2.5 эВ.

**23.** Известно, что плотность материала, его оптическое пропускание, а также проводимость увеличиваются в халькогенидных структурах при какой очередности халькогенида?

S → Se → Te; Se → Te → S; Te → S → Se.

**24.** Область каких длин волн называется ультрафиолетовой?

400-740 нм; 180-400 нм; 740-5000 нм.

**25.** Область каких длин волн называется видимой?

400-740 нм; 180-400 нм; 740-5000 нм.

**26.** Какой диапазон длин волн называется оптическим диапазоном?

180 нм – 5000 нм; 180 нм – 20 мкм; 180 нм – 100 мкм.

**27.** Для каких структур характерен линейчатый спектр излучения?

Молекул, атомов, кластеров.

**28.** Для каких структур характерен полосатый спектр излучения?

Молекул, атомов, кластеров.

**29.** Переходы с возбужденных синглетных уровней сопровождаются процессом люминесценции (флюоресценции) или фосфоресценции?

Люминесценции.

**30.** Если данный атом за время жизни в возбужденном состоянии переизлучает столько же энергии, что он и поглотил, то это сопровождается резонансной люминесценцией, или ступенчатой?

Резонансной.

**31.** Расположите системы в порядке возрастания показателей преломления:

1.33→1.55→2.1→2.2→4.2→4.6.

Вода→кварц→пленка фуллерена  $C_{60}$ →кристалл ниобата лития→теллур;

Пленка фуллерена  $C_{60}$ →кристалл ниобата лития→ вода→кварц→теллур;

Кристалл ниобата лития→вода→кварц→теллур→пленка фуллерена  $C_{60}$ .

**32.** Расположите материалы в порядке возрастания их микротвердости в кгс·см<sup>-2</sup>: 90→500→700→1300→10060.

Мрамор→стекло оконное→стекло кварцевое→кристаллический кварц→алмаз;

Кристаллический кварц→алмаз→мрамор→стекло оконное→стекло кварцевое

Стекло оконное→стекло кварцевое→кристаллический кварц→алмаз→мрамор.

**33.** В лазерной физике часто используют такой коэффициент, как температуропроводность  $a$  материала. Назовите правильно величины, входящие в его расчетную формулу:  $a = \sqrt{\lambda / c \rho}$ .

$\lambda$  - длина волны,  $c$  - скорость света,  $\rho$  - плотность материала;

$\lambda$  - теплопроводность,  $c$  - теплоемкость,  $\rho$  - плотность материала;

$\lambda$  - длина волны,  $c$  - теплоемкость,  $\rho$  - удельное сопротивление;

**34.** Как называется отношение потока излучения, прошедшего через материал, к потоку излучения, падающего на данный материал?

Отражение; поглощение, пропускание.

**35.** Как называется отношение потока излучения, отраженного материалом, к потоку излучения, падающего на данный материал?

Отражение; поглощение, пропускание.

**36.** Как называется отношение потока излучения, поглощенного материалом, к потоку излучения, падающего на данный материал?

Отражение; поглощение, пропускание.

**37.** Для каких жидкокристаллических материалов характерно наличие винтовой оси симметрии?

Нематиков; холестериков; смектиков.

**38.** Какие жидкокристаллические материалы имеют послойную упаковку?

Нематики; холестерики; смектики.

**39.** У каких материалов отсутствует дальний порядок в расположении центров тяжести молекул, что проявляется в полной свободе перемещений центров тяжести отдельных молекул в пространстве, но существует дальний порядок в ориентации молекул?

Аморфная жидкость; кристаллическое твердое тело; жидкий кристалл.

**40.** Свойство веществ, у которых правая и левая формы неразличимы называется хиральностью или ахиральностью?

Хиральностью; ахиральностью.

**41.** Как называется ориентация молекул жидкого кристалла, если директор выстроен параллельно подложке?

Гомеотропная, косая, планарная.

**42.** Энергия сцепления молекул жидкого кристалла с поверхностью ориентирующей подложки составляет:  $10^{-5}$  Дж·м<sup>-2</sup>;  $10^{-10}$  Дж·м<sup>-2</sup>; 10 Дж·м<sup>-2</sup>;  $10^{-5}$  Дж·м<sup>-2</sup>.

**43.** Процесс возникновения оптической анизотропии (двулучепреломления) изучался многими известными учеными-физиками. Назовите, кто из ученых исследовал возникновение анизотропии в потоке жидкости?

Д. Брюстер; Дж. Максвелл; Фредерикс.

**44.** В каком соотношении находятся компоненты показателя преломления  $n_{ij}$  анизотропного вещества с компонентами тензора диэлектрической проницаемости  $B$ :

$$B_{ij} = \frac{1}{n_{ij}^3}; \quad B_{ij} = \frac{1}{n_{ij}^2}; \quad B_{ij} = \frac{1}{n_{ij}};$$

**45.** Известно, что двулучепреломление может быть естественным и искусственным. Назовите материалы, в которых это явление является искусственным.

Турмалин, слюда, кальцит, целлулоид, бакелит.



**46.** Известно, что абсолютный показатель преломления среды говорит о том, во сколько раз скорость света в вакууме больше скорости света в данной среде; наибольшая скорость света в вакууме. В связи с этим вопрос: абсолютный показатель преломления среды больше или меньше единицы? Меньше; больше.

**47.** Как следствие закона Брюстера, наибольшая поляризация при отражении достигается, если отраженный и преломленный лучи расположены под углом:

57°; 90°; 45°.

**48.** Связь между разностью фаз  $\varphi$  и толщиной  $d$  двулучепреломляющей пластинки определяется следующим соотношением:

$$\varphi = \frac{4\pi d}{\lambda}(n_o - n_e); \quad \varphi = \frac{\pi d}{\lambda}(n_o - n_e); \quad \varphi = \frac{2\pi d}{\lambda}(n_o - n_e).$$

**49.** Известно, что разность хода лучей  $L$  в материале толщиной  $d$ , вызванная наведенным приложенными нагрузками ( $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  – главные напряжения) двойным лучепреломлением, в пределах упругости материала:

прямо пропорциональна приложенным нагрузкам, т.е.  $L = Cd(\sigma_1 - \sigma_2)$ ;  
обратно пропорциональна приложенным нагрузкам, т.е.  $L = Cd \frac{1}{\sigma_1 - \sigma_2}$ .

**50.** В каком соотношении находятся плоскости колебаний, соответствующие обыкновенному и необыкновенному лучам?

Взаимно перпендикулярны; взаимно параллельны; расположены под углом 45°.

**51.** Известно, что два луча, обыкновенный и необыкновенный, проходя через двулучепреломляющий кристалл с разной скоростью, в направлении оптической оси имеют:

одинаковые скорости; различные скорости; скорость распространения отличается в 2 раза.

**52.** Модуль упругости ЖК-мезофазы  $K_{ij}$  численно может быть определен через энергию взаимодействия  $W$  жидкокристаллических молекул и линейный размер молекул  $a$ . Найдите правильное соотношение.

$K_{ij}$  может быть порядка  $W/a$ ;  $K_{ij}$  может быть порядка  $W \cdot a$ ;  $K_{ij}$  может быть порядка  $W/a^2$ ;

**53.** Известно, что частотная полоса модуляции  $\Delta f$  акустооптического устройства определяется длительностью фронта  $\tau_\phi$  преобразованного сигнала, выходящего из модулятора. Найдите правильное соотношение между этими параметрами.

$$\Delta f \approx \tau_\phi^{-1}; \quad \Delta f \approx \tau_\phi^{-2}; \quad \Delta f \approx \tau_\phi.$$

**54.** Известно, что при использовании акустооптических устройств режимы дифракции Рамана-Ната и Брэгга представляют собой два предельных случая, соответствующих малой и большой длине области взаимодействия света и звука. Плавный переход между этими режимами происходит при непрерывном изменении  $l$ . Укажите, в каком режиме работает акустооптическое устройство по мере увеличения  $l$ ?

В режиме Брегга; в режиме Рамана-Ната.

**55.** Эффект Доплера удобно рассматривать для звуковых волн. Если скорость движущегося источника  $V$  положительна (источник движется по направлению к приемнику), то частота, воспринимаемая приемником, больше или меньше, чем излучаемая частота?

Меньше; больше; равна.

**56.** Эффект Доплера удобно рассматривать для звуковых волн. Если скорость  $V$  — отрицательна (источник движется в направлении от приемника), то воспринимаемая частота больше или меньше, чем излучаемая?

Меньше; больше, равна.

**57.** Какого вида связью связаны между собой атомы углерода в молекуле фуллерена  $C_{60}$ ?

Ковалентной; ионной; ван-дер-ваальсовской.

**58.** Какого вида связью связаны между собой молекулы фуллерена  $C_{60}$  в кристалле фуллерена?

Ковалентной; ионной; ван-дер-ваальсовской.

**59.** Известно, что поскольку силы взаимодействия между молекулами фуллерена  $C_{60}$  в кристалле малы, а симметрия высока, то при температуре выше  $260^\circ\text{K}$  молекулы фуллерена вращаются. Частота вращения зависит от температуры, при  $T = 300^\circ\text{K}$  она равна:  $10^{16} \text{ с}^{-1}$ ;  $10^{14} \text{ с}^{-1}$ ;  $10^{12} \text{ с}^{-1}$ .

**60.** Известно, что в спектре ядерного магнитного резонанса у фуллерена  $C_{60}$  регистрируется один пик. В отличие от молекул  $C_{60}$ , спектр ядерного магнитного резонанса молекул  $C_{70}$  состоит из:

Пяти пиков; семи пиков; десяти пиков.

**61.** Какая система уровней будет активироваться, если длительность светового импульса, воздействующая на фуллеренсодержащую среду больше, чем время синглет-триплетной интерконверсии (1.2 нс)?

Синглетная; триплетная.

**62.** Какая система уровней будет активироваться, если длительность светового импульса, воздействующая на фуллеренсодержащую среду меньше, чем время синглет-триплетной интерконверсии (1.2 нс)?

Синглетная; триплетная.

**63.** Сечение поглощения с возбужденного состояния у фуллереновых молекул больше или меньше такового с основного состояния?

Больше; меньше.

**64.** В каком диапазоне длин волн действует механизм обратного насыщенного поглощения для молекул  $C_{60}$ ?

В диапазоне длин волн 400-700 нм; при  $\lambda < 400$  нм; при  $\lambda > 700$  нм.

**65.** Укажите правильную последовательность увеличения коэффициента растворимости фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$  в различных растворителях:

толуол → хлорнафталин → тетрахлорэтан → бензол → хлороформ;

хлороформ → бензол → толуол → тетрахлорэтан → хлорнафталин;

хлороформ → толуол → тетрахлорэтан → толуол → хлорнафталин.

**66.** Известно, что сетчатка глаза может быть поражена лазерами видимого и ближнего инфракрасного диапазонов спектра. Лазерное излучение каких длин волн считается безопасным для сетчатки глаза?

$0,4 < \lambda < 0,7$  мкм;  $0,7 < \lambda < 1,4$  мкм;  $\lambda < 0,4$  мкм;  $\lambda > 1,4$  мкм.

**67.** К оптическим ограничителям лазерного излучения предъявляются достаточно сложные требования. Найдите правильные ответы.

Предъявляется: 1) высокое пропускание при низких энергиях облучения; 2) медленная реакция на оптический импульс; 3) высокая лучевая стойкость.

**68.** Какой диапазон плотностей энергии считается безопасным (безопасный для зрения уровень воздействующего излучения) для глаз человека при случайном попадании излучения?

$2 \div 5 \cdot 10^{-7}$  Дж/см<sup>2</sup>;  $2 \div 5 \cdot 10^{-3}$  Дж/см<sup>2</sup>;  $2 \div 5 \cdot 10^{-2}$  Дж/см<sup>2</sup>?

**69.** Известно, что для определенного вида электрооптического эффекта в материалах величина двойного лучепреломления пропорциональна квадрату напряженности поля  $E$  и ее знак не изменяется при изменении направления поля на противоположное.

$$n_e - n_0 = B \cdot E^2 / \lambda,$$

где  $B$  – постоянная вещества, зависящая от химической природы вещества, его температуры и длины волны света  $\lambda$ . Какой вид электрооптического эффекта определяет это соотношение?

Линейный эффект Поккельса, поперечный эффект Керра; высокочастотный эффект Керра.

**70.** Известно, что смещение электронной плотности вдоль  $\sigma$ -связи вызывается разностью электроотрицательностей атомов (или групп атомов), входящих в молекулу. Взаимное влияние, передающееся по цепи  $\sigma$ -связей, называется индуктивным эффектом. Если молекулы содержат чередующиеся

$\sigma$ - и  $\pi$ -связи, то происходит перераспределение электронной плотности с образованием единого  $\pi$ -электронного облака. Взаимное влияние, передающееся по цепи сопряженных  $\pi$ -связей, называется эффектом сопряжения. Какой из эффектов передается по цепи связей без ослабления?

Индуктивный эффект, эффект сопряжения.

**71.** Известно, что в средах с кубической нелинейностью показатель преломления материала  $n$  зависит от интенсивности света  $I$ . Какое соотношение выполняется в этом случае с учетом параметра нелинейной рефракции  $n_2$ ?

Справедливо соотношение  $n = n_0 + n_2 I$ ;

Справедливо соотношение  $n = n_0 + n_2 I^2$ ;

Справедливо соотношение  $n = n_0 + n_2 I$ .

**72.** Величина нелинейной рефракции  $n_2$  является удобной характеристикой вещества и по размерности связана с размерностью интенсивности излучения. Какова размерность нелинейной рефракции?

$\text{см}^2/\text{Вт}$ ;  $\text{Вт}/\text{см}^2$ ;  $\text{см}^2 \times \text{Вт}$ .

**73.** Отношение квадратичной поляризации среды к линейной равно: отношению напряженности электрического поля световой волны к напряженности внутриатомного поля или отношению квадрата напряженности электрического поля световой волны к квадрату напряженности внутриатомного поля?

отношению напряженности электрического поля световой волны к напряженности внутриатомного поля;

отношению квадрата напряженности электрического поля световой волны к квадрату напряженности внутриатомного поля.

**74.** Какой формулой определяется напряженность внутриатомного электрического поля среды с учетом заряда электрона и боровского радиуса?

$E_{am} = a^2/e$ ;  $E_{am} = e/a^2$ ;  $E_{am} = e/a$ .

**75.** Укажите правильную последовательность расположения материалов в ряду увеличения нелинейной рефракции и кубической нелинейной восприимчивости.

Сероуглерод → кремний → фуллерен → кварц → жидкие кристаллы;

кварц → кремний → фуллерен → жидкие кристаллы → сероуглерод;

кварц → сероуглерод → фуллерен → кремний → жидкие кристаллы.

**76.** Известно, что все регистрирующие среды могут быть разделены на две большие группы: с обратимыми и необратимыми процессами записи. В каком случае происходит абляция материала, его испарение и плавление?

В случае обратимого процесса записи информации;

В случае необратимого процесса записи информации.

**77.** Известно, что многие задачи электротехники, оптики, радиоэлектроники используют преобразования Фурье и Лапласа. Преобразования по Лапласу тесно связаны с преобразованием по Фурье и представляют собой распространение на комплексную плоскость функций, преобразованных по Фурье. В преобразовании Лапласа в действие вводится комплексный оператор « $p$ », считается, что изображение от единицы по Лапласу равно  $1/p$ . Как определяется операция дифференцирования исходной функции?

Соответствует умножению преобразованной функции на  $p$ ;

Соответствует делению преобразованной функции на  $p$ .

**78.** Известно, что многие задачи электротехники, оптики, радиоэлектроники используют преобразования Фурье и Лапласа. Преобразования по Лапласу тесно связаны с преобразованием по Фурье и представляют собой распространение на комплексную плоскость функций, преобразованных по Фурье. В преобразовании Лапласа в действие вводится комплексный оператор « $p$ », считается, что изображение от единицы по Лапласу равно  $1/p$ . Как определяется операция интегрирования исходной функции?

Соответствует умножению преобразованной функции на  $p$ ;

Соответствует делению преобразованной функции на  $p$ .

**79.** Пусть ток в катушке индуктивности равен  $i$ , напряжение, приложенное к ее зажимам, равно  $u$ . Используя преобразование по Лапласу, найдите правильный вид тока.

$$\bar{i} = \frac{\bar{u}}{pL}; \quad \bar{i} = \frac{p\bar{u}}{L}; \quad \bar{i} = pL\bar{u}.$$

**80.** Пусть через конденсатор проходит ток  $i$ , пусть к конденсатору приложено напряжение  $u$ . Используя преобразование по Лапласу, найдите правильный вид тока.

$$\bar{i} = pC\bar{u}; \quad \bar{i} = p / C\bar{u}. \quad \bar{i} = \bar{u} / pC.$$

**81.** Каким видам модуляторов света характерно приложение высоких напряжений питания (до нескольких сотен вольт)?

ПРОМ; Фототитус; ПРИЗ; ЖК-ПВМС; модулятор на сегнетоэлектрической керамике.

**82.** В каком режиме работы модулятора света, «на отражение» или «на просвет» считывающий свет, проходя через электрооптический кристалл, вызывает увеличение разности фаз при уменьшении рабочего напряжения?

В режиме работы «на просвет»;

В режиме работы «на отражение».

**83.** В модуляторах света используются такие фоточувствительные материалы, как аморфный гидрогенизированный кремний, фотопроводящие полимеры, фуллеренсодержащие фотопроводящие материалы. В каком случае подвижность носителей заряда, участвующих в создании потенциального рельефа при записи информации, будет выше?

При использовании кремния; фотопроводящих полимеров, фуллеренсодержащих фотопроводящих материалов.

**84.** Определите коэффициент пропускания светофильтра (стекла), если толщина стекла 2.5 мм, показатель поглощения стекла для света определенной длины волны равен 0.25, а потери на отражение составляют 0.02.

0.309; 0.227; 0.195

**85.** Определите показатель поглощения стекла, если его коэффициент пропускания равен 0.25, потери на отражение составляют 0.01, а толщина стекла равна 3 мм.

0.46; 0.197; 0.07

**86.** Определите коэффициент пропускания светофильтра (стекла), если толщина стекла 2 мм, показатель поглощения стекла для света определенной длины волны равен 0.35, а потери на отражение составляют 0.01.

0.195; 0.16; 0.3

**87.** Определите показатель поглощения стекла, если его коэффициент пропускания равен 0.708, потери на отражение составляют 0.01, а толщина стекла равна 2 мм.

0.07; 0.2; 0.02

**88.** Определите коэффициент пропускания светофильтра (стекла), если толщина стекла 2.5 мм, показатель поглощения стекла для света определенной длины волны равен 0.35, а потери на отражение составляют 0.01.

0.2; 0.131; 0.3

**89.** Определите показатель поглощения стекла, если его коэффициент пропускания равен 0.245, потери на отражение составляют 0.02, а толщина стекла равна 3 мм.

0.197; 0.25; 0.117

**90.** Определите коэффициент пропускания светофильтра (стекла), если толщина стекла 2.7 мм, показатель поглощения стекла для света определенной длины волны равен 0.35, а потери на отражение составляют 0.01.

0.117; 0.114; 0.2

**91.** Определите показатель поглощения стекла, если его коэффициент пропускания равен 0.31, потери на отражение составляют 0.01, а толщина стекла равна 2 мм.

0.25; 0.29; 0.119

**92.** Определите коэффициент пропускания светофильтра (стекла), если толщина стекла 2.5 мм, показатель поглощения стекла для света определенной длины волны равен 0.3, а потери на отражение составляют 0.025.

0.150; 0.168; 0.2

**93.** Определите показатель поглощения стекла, если его коэффициент пропускания равен 0.95, потери на отражение составляют 0.005, а толщина стекла равна 2 мм.

0.0075; 0.005; 0.01.

**94.** Определите коэффициент пропускания светофильтра (стекла), если толщина стекла 2 мм, показатель поглощения стекла для света определенной длины волны равен 0.4, а потери на отражение составляют 0.02.

0.151; 0.170; 0.2

**95.** Определите показатель поглощения стекла, если его коэффициент пропускания равен 0.11, потери на отражение составляют 0.02, а толщина стекла равна 3 мм.

0.31; 0.2; 0.15.

**96.** Определите коэффициент пропускания светофильтра (стекла), если толщина стекла 3 мм, показатель поглощения стекла для света определенной длины волны равен 0.25, а потери на отражение составляют 0.03.

0.21; 0.166; 0.179.

**97.** Определите показатель поглощения стекла, если его коэффициент пропускания равен 0.71, потери на отражение составляют 0.01, а толщина стекла равна 2.5 мм.

0.02; 0.056; 0.070.

**98.** Определите коэффициент пропускания светофильтра (стекла), если толщина стекла 2 мм, показатель поглощения стекла для света определенной длины волны равен 0.27, а потери на отражение составляют 0.03.

0.169; 0.269; 0.369.

**99.** Определите показатель поглощения стекла, если его коэффициент пропускания равен 0.2, потери на отражение составляют 0.02, а толщина стекла равна 3 мм.

0.337; 0.227; 0.447.

**100.** Определите коэффициент пропускания светофильтра (стекла), если толщина стекла 2 мм, показатель поглощения стекла для света определенной длины волны равен 0.38, а потери на отражение составляют 0.025.

0.164; 0.190; 0.198.

**101.** Определите показатель поглощения стекла, если его коэффициент пропускания равен 0.74, потери на отражение составляют 0.005, а толщина стекла равна 2 мм.

0.062; 0.09; 0.02.

**102.** Определите коэффициент пропускания светофильтра (стекла), если толщина стекла 1.8 мм, показатель поглощения стекла для света определенной длины волны равен 0.38, а потери на отражение составляют 0.005.

0.304; 0.104; 0.204.

**103.** Определите показатель поглощения стекла, если его коэффициент пропускания равен 0.71, потери на отражение составляют 0.01, а толщина стекла равна 2 мм.

0.07; 0.05; 0.07.

**104.** Определите коэффициент пропускания светофильтра (стекла), если толщина стекла 1.5 мм, показатель поглощения стекла для света определенной длины волны равен 0.1, а потери на отражение составляют 0.04.

0.445; 0.545; 0.645.

**105.** Определите показатель поглощения стекла, если его коэффициент пропускания равен 0.45, потери на отражение составляют 0.01, а толщина стекла равна 2 мм.

0.17; 0.15; 0.13.



## 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 относящиеся к заглавию / Сведения об ответственности (авторы); обозначение и номер тома).

Примечания:

1. 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 учебной 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:

1. 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.

**ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ (ПРОЕКТОВ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ 1**

**Современная физика и оптика твердого тела, оптика  
полупроводников, диэлектриков и металлов**

1. Перенос энергии в системах примесных редкоземельных ионов.
2. Процессы ап-конверсии в примесных системах.
3. Переходный оптический эффект Штарка в твердых телах.
4. Предпробойное возбуждение прозрачных диэлектриков и полупроводников мощными короткими световыми импульсами.
5. Влияние особенностей зонной структуры твердых тел на нелинейное оптическое поглощение.
6. Пространственные электрооптические модуляторы.
7. Исследование повреждений поверхности твердых тел в поле мощных световых импульсов.

**ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ (ПРОЕКТОВ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ 2**

**Наноструктуры в электронике, опто-информационных системах,  
биологии и медицине**

1. Исследование и расчет перераспределения напряжения питания между слоями сэндвич-структуры пространственно-временного модулятора света, временных характеристик и контраста.
2. Исследование и расчет нелинейной рефракции и нелинейной восприимчивостью третьего порядка для указанных сред с известными значениями линейного показателя преломления, светоиндуцированной добавки к показателю преломления, толщины среды и длины волны света, воздействующего на среду.



В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

---

## **КАФЕДРА ОПТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Кафедра основана в 2002 году под названием «Оптическая физика и современное естествознание» в составе факультета «Фотоники и оптоинформатики». Первое организационное заседание состоялось 5 сентября 2002 года в помещении лаборатории «Фотофизики поверхности». Первым заведующим кафедрой был избран Михаил Наумович Либенсон, возглавлявший лабораторию «Фотофизики поверхности» ГОИ им. С.И. Вавилова.

Либенсон Михаил Наумович – известный ученый-физик, внесший значительный вклад в силовую оптику и фотофизику, лауреат Государственной премии СССР, доктор физ.-мат. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, Соросовский профессор.

Преподавателями кафедры стали сотрудники ГОИ – академик РАН Е.Б. Александров, член корр. А.М. Бонч-Бруевич, профессора: Н.В. Каманина, В.Н. Смирнов, В.Б. Шилов; доценты: А.А. Ветров, Г.Н. Виноградова, Ю.М. Воронин, Г.С. Жданов, В.Л. Комолов, Г.А. Марциновский.

2004-2006 г. кафедру возглавлял доктор тех. наук, профессор А.И. Степанов, а с 2006 года и по настоящее время ею руководит доктор физ.-мат. наук, профессор А.В. Федоров.

В настоящее время кафедра имеет высококвалифицированный преподавательский коллектив, в котором один академик РАН, 8 докторов наук и 5 кандидатов наук. Сотрудниками кафедры ОФиСЕ опубликовано более десяти монографий.



Тигран Арменакович Вартанян  
Галина Николаевна Виноградова  
Наталья Владимировна Каманина  
Евгений Юрьевич Перлин

**ОПТИКА НАНОСТРУКТУР**  
Методические рекомендации

В авторской редакции

Компьютерная верстка  
Заведующая РИО

А.Л.Дубовиков  
Н.Ф.Гусарова

---

Редакционно-издательский отдел СПбГУ ИТМО  
Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99. Отпечатано на ризографе. Тираж 100 экз.  
Заказ 1127.

Подписано в печать 03.07.08

**Редакционно-издательский отдел**  
Санкт-Петербургского государственного  
университета информационных  
технологий, механики и оптики  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

