

Физический факультет



Согласовано, декан ФФ
 Блинов В.Е.

подпись
 «29» 11

2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
 (кандидатский экзамен по специальности)**

ОПТИКА

Научная специальность: 1.3 Физические науки

Направленность (профиль): Оптика

Форма обучения: очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
По выбору	36				12		22					2
Всего 36 часов / 1 зачетная единица, в т.ч. - контактная работа 14 часов												

Разработчики:

д.ф-м.н., академик РАН. А.М. Шалагин

к.ф-м.н., И.Д. Ватник

Заведующий кафедрой квантовой оптики ФФ
 д.ф-м. н., академик РАН А.М. Шалагин

Ответственный за образовательную программу:
 д.ф-м. н., проф. С.В. Цыбуля

Оглавление

Аннотация	3
Введение	4
1. Результаты освоения дисциплины	4
2. Трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий	4
3. Содержание дисциплины	5
4. Перечень учебных и учебно-методических материалов, необходимых для изучения и освоения дисциплины	5
5. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	6
6. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).....	6

Аннотация

Рабочая программа дисциплины (кандидатский экзамен по специальности) Оптика реализуется на физическом факультете как элективная дисциплина в рамках научной специальности 1.3 Физические науки Направленность (профиль) Оптика и разработана в соответствии с паспортом научной специальности Оптика, Порядком прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечнем и федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Настоящая программа знакомит аспирантов с основными разделами оптики: физическая оптика, включающая феноменологическую, нелинейную, молекулярную и квантовую; атомная, молекулярная, твердотельная и лазерная спектроскопия; прикладная оптика (оптические и спектральные приборы); голография.

Для начала обучения данной дисциплине необходима базовая подготовка по следующим разделам физики: основы теории групп, электродинамика, физика конденсированного состояния вещества.

Цель курса:

- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена в рамках научной специальности Оптика.

Задачи курса:

- научить критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности;
- сформировать у аспирантов навыки культуры работы с научными литературными источниками в целях решения поставленных задач;
- развить навыки анализа полученных численных оценок, навыков их верификации по существующим данным.

Результат освоения дисциплины:

- знание профессиональных сведений о способах верификации полученных оценок при решении реальных научных задач;
- умение анализировать условия поставленной задачи и применять нужный метод решения;
- сдача кандидатского экзамена по специальности.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: консультации в период занятий, самостоятельная работа обучающегося.

Общий объем дисциплины – 1 зачетная единица (36 часов).

Форма промежуточной аттестации – кандидатский экзамен.

Введение

Рабочая программа кандидатского экзамена Оптика реализуется на физическом факультете как элективная дисциплина в рамках научной специальности 1.3 Физические науки Направленность (профиль) Оптика и разработана в соответствии с паспортом научной специальности Оптика, Порядком прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечнем, и федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Настоящая программа знакомит аспирантов с основными разделами оптики: физическая оптика, включающая феноменологическую, нелинейную, молекулярную и квантовую; атомная, молекулярная, твердотельная и лазерная спектроскопия; прикладная оптика (оптические и спектральные приборы); голография.

Для начала обучения данной дисциплине необходима базовая подготовка по следующим разделам физики: теория групп, электродинамика, физика конденсированного состояния вещества.

Цель курса:

- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена в рамках научной специальности Оптика.

Задачи курса:

- научить критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности;

- сформировать у аспирантов навыки культуры работы с научными литературными источниками в целях решения поставленных задач;

- развить навыки анализа полученных численных оценок, навыков их верификации по существующим данным.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: консультации в период занятий, самостоятельная работа обучающегося.

Общий объем дисциплины – 1 зачетная единица (36 часов).

Форма промежуточной аттестации – кандидатский экзамен.

1. Результаты освоения дисциплины

Результат освоения дисциплины:

- знание профессиональных сведений о способах верификации полученных оценок при решении реальных научных задач;

- умение анализировать условия поставленной задачи и применять нужный метод решения;

- сдача кандидатского экзамена по специальности.

2. Трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий

Трудоемкость дисциплины – 1 з.е. (36 ч)

Форма промежуточной аттестации: кандидатский экзамен

№	Вид деятельности	Количество часов
1.	Консультации в период занятий, ч	12
2.	Занятия в контактной форме, ч из них	14

3.	аудиторных занятий, ч	-
4.	в электронной форме, ч	-
5.	консультаций, час.	12
6.	промежуточная аттестация, ч	2
7.	Самостоятельная работа, час.	22
8.	Всего, ч	36

3. Содержание дисциплины

Консультации в период занятий (12 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Преобразователи частоты лазерного излучения в среднем, ИК и ТГц диапазонах	3
Дополнительные главы квантовой оптики	3
Оптические стандарты частоты	3
Оптические явления в полупроводниках для аспирантов	3

Самостоятельная работа студентов (22 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к кандидатскому экзамену	22

4. Перечень учебных и учебно-методических материалов, необходимых для изучения и освоения дисциплины

1. С.Г. Раутиан, Введение в физическую оптику. Москва: УРСС = URSS: ЛИБРОКОМ. 2009 г. (23)
2. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Т.4: Оптика. 1985 г. (31)
3. М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики. Изд. "Наука", 1973 г. (21)
4. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. Физматгиз. 1982 г. (135)
5. Л. Аллен, Дж. Эберли. Оптический резонанс и двухуровневые атомы. Москва : Мир, 1978 г. (4)
6. Д.Р. Клаудер, Э. К.Г. Сударшан. Основы квантовой оптики. Москва: Мир, 1970 г. (9)
7. В.П. Шляйх. Квантовая оптика в фазовом пространстве. Москва: Физматлит, 2005 г. (1)
8. Л.В. Тарасов. Введение в квантовую оптику. Москва: Высш. шк., 1987 г. (6)
9. Н. Бломберген. Нелинейная оптика. Изд. "Мир", 1966 г. (3)
10. С.А.Ахманов, С.Ю.Никитин. Физическая оптика. М., МГУ, 2004. (27)
11. С.Э. Фриш. Оптические методы измерений. ЛГУ им. А.А. Жданова. Ленинград Изд-во ЛГУ, 1976-1980 гг. (5)
12. Г. Агравал, Применение нелинейной волоконной оптики. Санкт-Петербург: Лань, 2011 г. (2)
13. И.К. Верещагин, Л.А. Косяченко, С.М. Кокин, Введение в оптоэлектронику, Москва: Высш. шк., 1991 г. (10)
14. Е.В.Бакланов. Теоретические основы квантовой электроники. Новосибирск: НГУ. 2011г. (22)
15. А.М. Шалагин. Основы нелинейной спектроскопии высокого разрешения. ИАиЭ СО РАН, НГУ. 2008 г. (3)
16. С.Г. Раутиан, Г.И. Смирнов, А.М. Шалагин. Нелинейные резонансы в спектрах атомов и молекул, Новосибирск: Наука, 1979 г. (73)

5. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для аспирантов из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

6. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень результатов освоения дисциплины представлен в разделе 1.

6.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися консультаций в период занятий, оценку их активности в ходе дискуссий, представление доклада по тематике, связанной с выполнением научной работы обучающегося, и проверку заданий для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация проводится в форме кандидатского экзамена по специальности. Требования разработаны в соответствии со следующими документами:

- паспорт научной специальности Оптика,
- Порядок прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечень,
- федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Для приема кандидатского экзамена создается комиссия по приему кандидатских экзаменов (экзаменационная комиссия), состав которой утверждается приказом ректора НГУ. Состав экзаменационной комиссии формируется из числа научно-педагогических работников (в том числе работающих по совместительству) НГУ в количестве не более 5 человек, и включает в себя председателя, заместителя председателя и членов экзаменационной комиссии. В состав экзаменационной комиссии могут включаться научно-педагогические работники других организаций.

Для оценивания знаний обучающегося в рамках проведения кандидатского экзамена используются следующие оценочные средства:

1. Портфолио - целевая подборка работ обучающегося, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения, в том числе:
 - доклад по тематике, связанной с выполнением научной работы обучающегося.
2. Экзаменационный билет - комплекс вопросов и задач, разработанных в соответствии с паспортом научной специальности Оптика.

Кандидатский экзамен проводится экзаменационной комиссией по билетам (программам), утверждаемым деканом физического факультета НГУ. Для подготовки экзаменуемый использует листы ответа, которые хранятся в деле обучающегося вместе с протоколом экзамена.

В случае неявки экзаменуемого на кандидатский экзамен по уважительной причине (при наличии подтверждающих документов) он может быть допущен приказом ректора к сдаче кандидатского экзамена в течение текущего периода промежуточной аттестации. В случае получения неудовлетворительной оценки передача кандидатского экзамена в течение текущего периода промежуточной аттестации не допускается. Передача кандидатского экзамена с положительной оценки на другую положительную оценку не допускается.

Оценка уровня знаний экзаменуемого определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценка выставляется простым большинством голосов членов экзаменационной комиссии. При равенстве голосов решающей считается оценка председателя. Экзаменуемым может быть в двухдневный срок подана апелляция ректору о несогласии с решением экзаменационной комиссии. Экзаменационная комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе не менее одного доктора наук. Решение экзаменационной комиссии оформляется протоколом, в котором указываются, в том числе, код и наименование научной специальности, по которой сдавались кандидатские экзамены; шифр и наименование направленности (профиля) по которой подготавливается диссертация.

Описание критериев и шкал оценивания результатов освоения дисциплины

Таблица 6.1 Результаты освоения дисциплины

Результат освоения дисциплины	Оценочное средство
- знание профессиональных сведений о способах верификации полученных оценок при решении реальных научных задач	Портфолио Кандидатский экзамен
- умение анализировать условия поставленной задачи и применять нужный метод решения	Портфолио Кандидатский экзамен

Таблица 6.2 Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

Критерии оценивания результатов освоения дисциплины	Шкала оценивания
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – знает актуальные исследования и критически анализирует результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности, – умеет ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части 	<i>Отлично</i>

<p>постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования,</p> <ul style="list-style-type: none"> – знает возможные направления профессиональной самореализации, - владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, – точность и полнота выделения, классификации и систематизации основного смыслообразующего компонента из источников и литературы. <p>В докладах и выступлениях обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p> <p><u>Кандидатский экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует углубленные знания базовых понятий, моделей, гипотез и концепций, свободно владеет всеми основными разделами современной физики, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p>	
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – знает актуальные исследования и критически анализирует результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности, – умеет ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования, – знает возможные направления профессиональной самореализации, - владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, – точность и полнота выделения, классификации и систематизации основного смыслообразующего компонента из источников и литературы. <p>В докладах и выступлениях обучающийся мог допустить неточности, не влияющие на суть доклада.</p> <p><u>Кандидатский экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует в основном углубленные знания базовых понятий, моделей, гипотез и концепций, свободно владеет всеми основными разделами современной физики, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – допускает незначительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся мог допустить незначительные неточности.</p>	<p><i>Хорошо</i></p>
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – не знает направления актуальных исследований, не составляет анализ результатов предшественников и современных достижений в области 	<p><i>Удовлетворительно</i></p>

<p>физики в применении к профессиональной области деятельности,</p> <ul style="list-style-type: none"> – затрудняется в постановке задач научно-исследовательской деятельности, – затрудняется в выборе возможных направлений профессиональной самореализации, - ограниченно владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, <p>В докладах и выступлениях обучающийся допускает неточности влияющие на суть доклада.</p> <p><u>Кандидатский экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых(обсуждаемых) вопросов, –затрудняется в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – допускает значительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы. 	
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – отсутствие теоретического и фактического материала, подкрепленного ссылками на научную литературу и источники, – затрудняется в постановке задач научно-исследовательской деятельности, – затрудняется в выборе возможных направлений профессиональной самореализации, - не владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, – неподготовленность докладов и выступлений на основе предварительного изучения литературы по темам, неучастие в коллективных обсуждениях. <p><u>Кандидатский экзамен:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов, – затрудняется в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – не отвечает на дополнительные вопросы. 	<p><i>Неудовлетво -рительно</i></p>

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины (оценочные материалы)

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям РПД, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

I. Примерная тематика докладов

Тема. Преобразователи частоты лазерного излучения в среднем ИК и ТГц диапазоне

1. Принципы устройства твердотельных лазеров и источников когерентного оптического излучения.

2. Аппаратно-программные комплексы для диагностики заболеваний на основе тепловых источников, полупроводниковых лазеров, ПГС и CO₂ лазеров.
3. Компактные лазеры импульсно периодического действия для работы в условиях механико-климатических воздействий.
4. Делители частоты и их применение в лазерной метрологии.
5. Источники излучения в ТГц диапазоне и их применение.

Тема. Дополнительные главы квантовой оптики

1. Подход Пэйджа-Лампарда к понятию нестационарного спектра в сравнении с подходом Винера-Хинчина.
2. Модель Тависа-Каммингса.
3. Перспективы использования модели осциллятора Бейтмана в квантовой оптомеханике
4. Проявления топологической фазы квантованной моды поля
5. Получение изображений с использованием коррелированных фотонов.
6. Квантовая голография.
7. Квантовая эллипсометрия.
8. Фаза Панчаратнама и фаза Рытова-Владимирского (сходство и различие)
9. Интерферометрия Саньяка со сжатым вакуумом.
10. Гейзенберговский предел в квантовой метрологии.

Тема. Оптические стандарты частоты

1. Спектроскопия квантовой логики.
2. Столкновительные сдвиги частоты в ансамблях ультрахолодных атомов в оптических решетках.
3. Магнито-индуцированная спектроскопия 0-0 переходов.
4. Гипер-рамсеевская спектроскопия.
5. Методы подавления сдвигов частоты, обусловленных тепловым равновесным излучением.
6. Электродинамика атомов в оптических решетках: поправки высших порядков и связанные с ними сдвиги частоты реперного перехода.
7. Многоионные оптические стандарты частоты.
8. Оптические стандарты частоты на базе многозарядных ионов.
9. Оптические стандарты частоты на базе ядерных переходов.

Тема. Оптические явления в полупроводниках для аспирантов

1. Механизмы поглощения света в полупроводниках: межзонные оптические переходы в прямозонных и непрямозонных полупроводниках, экситонное поглощение, поглощение света на фонах, на свободных носителях заряда и на примесях.
2. Оптические явления во внешних электрическом и магнитном полях.
3. Оптические явления в структурах с квантовыми ямами: межзонное поглощение, экситонные эффекты. Квантовый эффект Штарка.
4. Полупроводниковые излучатели: светодиоды и полупроводниковые лазеры. Инжекционные лазеры на основе двойной гетероструктуры. Белые светодиоды на основе соединений AlGaIn-InGaIn.
5. Внешний фотоэффект. Полупроводниковые фотоэммитеры с отрицательным электронным средством.

II. Форма и перечень вопросов экзаменационного билета.

2.1 Форма экзаменационного билета

Новосибирский государственный университет Физический факультет	
Кандидатский экзамен	

научная специальность	

направленность (профиль)	
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №	
1. Вопрос из раздела категории А.	
2. Вопрос из раздела категории Б (для теоретиков) или В (для экспериментаторов).	
3. Вопросы по изложенному аспирантом предмету его исследований.	
Составитель	_____ И.О.Фамилия
(подпись)	
Ответственный за образовательную программу	_____ И.О.Фамилия
(подпись)	
« »	20 г.

2.2. Перечень вопросов экзамена, структурированный по категориям

А. ФИЗИЧЕСКАЯ ОПТИКА.
А.1. ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ
1. Основы электромагнитной теории света. Элементарные обоснования электромагнитной теории. Уравнения Максвелла, линейные материальные уравнения. Вектор Умова—Пойнтинга. Сферические волны. Параболическое приближение. Монохроматические поля. Спектральное разложение. Свойства диэлектрической проницаемости, как функции комплексной частоты. Поглощение и усиление поля в среде. Диэлектрическая проницаемость газа в модели линейного анизотропного осциллятора.
2. Плоские монохроматические волны в среде. Однородные и неоднородные волны. Волновой вектор. Фазовая скорость. Группа волн и групповая скорость. Скорость переднего фронта волны. Поляризация света. Вектор Джонса. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре. Расчетные методы Джонса и Мюллера.
3. Отражение и преломление волн. Граничные условия. Задача Френеля (геометрические законы и формулы Френеля). Полное отражение. Явление Брюстера.
4. Распространение волн в слабонеоднородных средах. Случай одномерно-неоднородной среды. Отражение от слоя Рэлея. Другие случаи переходного слоя, допускающие точное решение. Оптико-геометрическое приближение. Кривизна и кручение луча. Поляризация волн в неоднородных средах. Отражение волн от неоднородных сред. Оптико-механическая аналогия. Элементы электронной оптики.

5. Полные резонаторы, волноводы. Поле в плоскопараллельной пластинке. Типы колебаний. Прямоугольный и цилиндрический резонаторы. Резонаторы с малыми потерями (объемными и поверхностными). Открытые резонаторы. Волноводы.

6. Дифракция. "Строгая" постановка задачи о дифракции. Дифракция на полуплоскости и шаре. Принцип Гюйгенса-Френеля-Кирхгофа, "Геометрическая" теория дифракции. Диффузионное приближение (параболическое уравнение). Дифракционные явления Френеля и Фраунгофера. Гауссовы пучки. Дифракционные потери открытых резонаторов. Дифракционные явления в оптических приборах. Метод Рэлея решения дифракционных задач. Дифракция на периодических структурах (однородных и многомерных). Дифракция рентгеновских лучей. Разложение импульса спектральным прибором. Рассеяние света на макроскопических объектах (оптика мутных сред).

7. Принцип восстановления волнового фронта. Схемы голографирования (Френеля, Фурье, Фраунгофера, Денисюка). Разрешающая способность голографических приборов. Голографическая интерферометрия. Голография нестационарных объектов.

8. Металлооптика. Уравнения Максвелла для проводящих сред. Нормальный и аномальный скин-эффект. Преломление и отражение от металлов. Оптические характеристики металлов. Экспериментальные методы металлооптики. Дифракция на проводящих частицах (теория Ми).

9. Распространение волн в анизотропных средах. Тензорные линейные уравнения. Тензор диэлектрической проницаемости. Плоские монохроматические волны в анизотропных средах. Двойное лучепреломление (линейное и круговое). Волновые и лучевые поверхности, теорема обращения. Эллипсоид Френеля. Коническая рефракция. Пространственная дисперсия. Гиротропные среды. Эффекты пространственной дисперсии в кубических кристаллах. Вынужденная анизотропия и гиротропия. Эффект Керра и Погкельса. Элементы магнитооптики. Оптическая активность, эффект Фарадея.

А.П. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ОПТИКА

1. Излучение волн заряженными частицами (классическая теория). Поле системы зарядов на больших расстояниях. Дипольное, квадрупольное и магнито-дипольное излучение. Тормозное излучение. Излучение Вавилова-Черенкова. Синхротронное излучение. Торможение излучением.

2. Статистическое усреднение в молекулярной оптике. Матрица плотности. Кинетическое уравнение, интеграл столкновений для разреженных газов. Модель затухающего осциллятора.

3. Теория дисперсии и уширение спектральных линий. Поляризация молекул в слабых полях. Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты. Влияние релаксационных процессов на дисперсию. Радиационное и доплеровское уширение. Уширение из-за взаимодействия; ударное и статистическое приближение. Модуляционная модель. Описание ударного уширения с помощью матрицы плотности; кинетическое уравнение. Контур линии и дисперсия при ударном и доплеровском уширении.

4. Распространение и отражение волн в молекулярной оптике. Теорема "погашения".

5. Рассеяние света. Интенсивность, спектр и поляризация света, рассеянного в газах на флуктуациях плотности и анизотропии; эффекты столкновений. Рассеяние света конденсированными системами. Дуплет Мандельштама-Бриллюэна. Крыло линии Рэлея. Энтропийное и концентрационное рассеяние. Метод гетеродирования при исследовании спектра рэлеевского рассеяния. Комбинационное рассеяние света.

6. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция. Закон Стокса—

Ломмеля. Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции Левшина и универсальное соотношение между ними Степанова. Закон Вавилова. Триплетные состояния молекул и их роль в процессах деградации и миграции энергии электронного возбуждения. Схема Теренина—Льюиса. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Люминесценция молекулярных кристаллов. Теория Давыдова. Кооперативные процессы в люминесценции. Зонная модель люминесценции диэлектриков. Размножение электронных возбуждений в твердом теле. Термовысвечивание и инфракрасная стимуляция.

А.Ш. НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА

1. Нелинейные материальные уравнения. Физические причины, приводящие к нелинейным материальным уравнениям (нагревание, электрострикция, ориентационный эффект, насыщение, внутри молекулярная нелинейность). Нелинейная поляризация и нелинейный тензор диэлектрической проницаемости; свойства симметрии. Отличие среднего и действующего полей в нелинейной оптике.
2. Феноменологическая нелинейная оптика. Энергетические соотношения. Спектральное разложение полей. Оптико-геометрическое приближение, уравнения связанных волн.
3. Генерация суммарных и разностных гармоник. Задача Френеля в нелинейной оптике; условие пространственной синфазности (синхронизма). Коэффициент преобразования; реальные пучки; влияние поглощения. Отражение и преломление нескольких плоских полихроматических волн. Генерация гармоник в кристаллах.
4. Самофокусировка световых волн. Оптико-геометрическая и дифракционная теория самофокусировки. "Схлопывание" пучка, канализация. Измерение спектра импульса. Самодифракция.
5. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Брилюэна. БРМБ в жидкостях. Генерация гиперзвука. Характер нарастания стоксовых компонентов. Вынужденное рассеяние в крыле линии Рэлея.
6. Вынужденное комбинационное рассеяние. Генерация стоксовых и антистоксовых компонентов. Параметрическое взаимодействие.
7. Лазеры на основе ВКР. Распространение импульсов в резонансной среде. Некогерентное взаимодействие импульса со средой; изменение формы импульса; скорость распространения. Когерентное взаимодействие импульса со средой; самопросветление; π и 2π - импульсы. Оптические нутации. Световое эхо.
8. Параметрические явления. Параметрическая поляризация. Условие синхронизма. Параметрическая люминесценция. Параметрические генераторы и усилители. Параметрическое четырехфотонное рассеяние в газовой резонансной среде. Обращение волнового фронта.
9. Статистические явления в нелинейной оптике. Статистические явления при генерации гармоник, вынужденном рассеянии и самовоздействии.

А.ИВ. КОГЕРЕНТНОСТЬ СВЕТА. КВАНТОВАЯ ОПТИКА.

1. Когерентность классических полей. Случайные стационарные функции. Теорема Хинчина- Винера. Пространственная и временная когерентность. Корреляционные функции электромагнитного поля. Область когерентности, объем когерентности. Параметр вырождения. Теорема Цернике-Ван-Ситтерта. Интерференция и дифракция частично когерентного света. Коэффициент Рождественского.
2. Интерферометрия интенсивности. Опыт Брауна-Твисса. Корреляционные функции высшего порядка. Гетеродирование света.
3. Квантовая статистика фотонов. Квантование электромагнитного поля. Перестановочные соотношения. Матрица плотности. Представления чисел заполнения и

когерентных состояний. Квантовые корреляционные функции. Сжатые состояния. Бифотоны. Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования. Состояния Белла. Парадокс Эйнштейна—Подольского—Розена. Неравенства Белла.

4. Регистрация света. Флуктуации излучения и флуктуации фототока. Связь статистик фотонов и фотоотчетов, формула Манделя для распределения фотоотчетов. Дробовой шум. Статистика взаимоисключающих событий. Дисперсия и распределение числа отсчетов. Эффекты группировки и антигруппировки фотонов. Соотношение между временем когерентности и интервалом измерения. Статистика тепловых и квантовых шумов. Статистика частично поляризованного излучения. Поляризационная матрица.

Б. СПЕКТРОСКОПИЯ

Б.1. АТОМНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ.

1. Электронная структура молекул и типы молекулярных спектров. Виды движения в молекуле. Разделение движений электронной и ядерной подсистем (адиабатическое приближение). Разделение колебательного и вращательного движения ядер. Основные методы теории электронной структуры молекул: метод валентных связей (ВС) и метод молекулярных орбиталей (МО). Гомеополлярные и гетерополлярные связи. Приближение ЛКАО МО. Молекулы с делокализованными π -электронами (полиены, ароматические соединения и т.д.). Металлическая модель молекулы и ее применения к молекулам с сопряженными связями. Общая схема энергетических уровней молекулы и типы молекулярных спектров. Вероятности переходов в спектрах поглощения, испускания и в спектрах комбинационного рассеяния.

2. Теория групп и ее применения к задачам спектроскопии молекул. Симметрия равновесных конфигураций молекул. Преобразование симметрии. Группы преобразований. Точечные группы. Представления групп. Неприводимые представления точечных групп. Характеристики неприводимых представлений. Классификация термов.

3. Взаимодействие молекул с излучением. Спонтанные и вынужденные радиационные процессы. Вероятности излучения (дипольного, мультипольного). Правила отбора. Интегральные (по частоте) характеристики и их спектральные плотности. Радиационное, ударное и доплеровское уширение спектральных линий в газах. Двухфотонные процессы (релеевское и комбинационное рассеяние, двухквантовое поглощение и люминесценция). Классическая и квантовая теории. Теория Плачека. Правила отбора. Понятие о ВКР и ВРМБ.

4. Вращательные спектры молекул. Типы волчков. Систематика вращательных уровней. Определение молекулярных констант по вращательным спектрам молекул. Экспериментальные методы исследования вращательных спектров: поглощение в микроволновой и инфракрасной области, комбинационное рассеяние света. Определение скорости света по вращательным и колебательно-вращательным спектрам двухатомных молекул.

5. Колебательные спектры молекул. Нормальные колебания молекул. Использование симметрии при решении задачи о нормальных колебаниях. Характеристические колебания. Характеристичность колебаний по частоте и форме. Методы расчета нормальных колебаний; применение ЭВМ. Правила отбора для переходов в спектрах инфракрасного поглощения и комбинационного рассеяния света. Анггармонизм колебаний; обертона и составные тона. Резонанс Ферми. Интенсивности и поляризация колебательных переходов. Связь колебательных спектров со строением молекул. Вращательная структура колебательных полос. Форма полос ИК-поглощения в случае неразрешенной вращательной структуры. Взаимодействие колебаний с вращением. Центробежные и кариолисовы постоянные. Колебательно-вращательные спектры атмосферных газов и легких органических молекул. ИК-спектроскопия высокого

разрешения. Ширина и форма линии как функция давления и температуры. Вращение молекул в конденсированной фазе. Внутреннее вращение. Поворотная изомерия.

6. Электронные состояния и электронные спектры молекул.

6.1. Двухатомные молекулы. Симметрия двухатомной молекулы. Классификация электронных состояний. Молекулярные электронные оболочки. Колебательная структура электронных переходов. Схема Деландра. Продольные и поперечные серии. Принцип Франка-Кондона и распределение энергии в электронно-колебательном спектре. Энергия диссоциации и ее спектроскопическое определение. Вращательная структура электронно-колебательных переходов. Диаграмма Фортра. Взаимодействие электронного движения с вращательным. Случаи сильного и слабого спин-орбитального взаимодействия. \square -удвоение. Сплошные спектры двухатомных молекул. Предиссоциация.

6.2. Многоатомные молекулы. Классификация электронных состояний по типам симметрии. Вибронные состояния. Взаимодействие электронного движения с колебательным. Эффект Яна-Теллера. Правила отбора в электронно-колебательном спектре. Принцип Франка-Кондона для многоатомных молекул. Проявление в спектре полносимметричных и неполносимметричных колебаний.

7. Методы исследования спектров молекул. Методы исследования параметров колебательных спектров (определение частот, интенсивностей, поляризаций, формы и ширины линий ИК-поглощения и комбинационного рассеяния; электронно-колебательные полосы). Методы исследования электронных спектров испускания и поглощения (частотные измерения, измерение квантового выхода люминесценции).

8. Микроволновая и радиоспектроскопия. Эффекты Зеемана и Штарка во вращательных спектрах молекул. Определение структурных характеристик молекул по вращательным спектрам. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный и квадрупольный резонансы. Применение радиоспектроскопии в химии, биологии, кинетике.

9. Кинетические процессы в молекулярных газах. Равновесные и неравновесные системы. Распределение Больцмана-Максвелла. Сечения упругих и неупругих процессов. Принцип детального равновесия. Уравнение Больцмана. Матрица плотности и уравнения для нее. Релаксация поступательных степеней свободы. Резонансные взаимодействия. Методы создания неравновесного (инверсного) распределения молекул.

10. Основные типы переходов и электронных спектров многоатомных молекул. Переходы с излучением и безизлучательные переходы. Их характерные времена. Спектры поглощения, флуоресценции и фосфоресценции. Замедленная флуоресценция. Триплет-триплетное поглощение. Горячая люминесценция.

11. Основные закономерности люминесценции многоатомных молекул. Правило Стокса. Зеркальная симметрия поглощения и флуоресценции. Кинетика затухания люминесценции. Квантовый выход люминесценции. Дихроизм поглощения и поляризация люминесценции. Степень поляризации люминесценции и ее связь с природой излучателя. Концентрационное тушение и тушение примесями.

12. Изменения спектров при переходе из газообразного состояния в жидкое и кристаллическое. Влияние растворителя и температуры на спектры поглощения и люминесценции. Тонкоструктурные спектры многоатомных молекул в матрицах.

Б. III. СПЕКТРОСКОПИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА.

1. Спектры колебаний атомов кристалла в гармоническом приближении. Адиабатическое приближение. Геометрия кристаллических решеток. Различные типы связи атомов в кристаллах. Теория колебаний атомов кристалла в рамках классической механики. Динамическая матрица. Свойства нормальных колебаний. Циклические условия и

теорема Ледермана. Линейная цепочка с одним и двумя атомами элементарной ячейке кристалла. Акустические и оптические ветви колебаний. Переход к нормальным колебаниям в трехмерной решетке. Квантовое описание колебаний кристалла. Фононы. Плотность собственных колебаний кристалла. Дебаевская модель. Особенности функции распределения частот, обусловленные различными критическими точками. Локальные колебания кристаллической решетки. Локальные и квазилокальные колебания в окрестности изотопической примеси. Теплоемкость, теплопроводимость и тепловое расширение решетки. Поверхностные колебания атомов в кристалле.

2. Электронный спектр идеального кристалла. Блоховская модель кристалла. Общий вид волновой функции электрона в периодическом поле. Квазиимпульс. Бриллюэновская зона. Приближение сильно и слабосвязанных электронов. Общий характер энергетического спектра тел. Запрещенные и разрешенные зоны. Зависимость энергии электрона от квазиимпульса. Средняя скорость. Отсутствие сопротивления в идеальном кристалле. Закон движения электрона во внешнем поле. Понятие эффективной массы. Металлы и диэлектрики в блоховской схеме. Проводимость в почти заполненной зоне и понятие дырки. Типичные примеры зонных структур. Вырождение зон. Легкие и тяжелые дырки. Непараболическая зависимость энергии от квазиимпульса. Анизотропия эффективных масс. Электрон-фононные взаимодействия. Поляроны. Статистическое равновесие свободных электронов в полупроводниках и металлах.

3. Экситоны в молекулярных кристаллах. Экситоны малого радиуса в кристалле с неподвижными молекулами. Расщепление молекулярных термов в кристалле. Применение теории групп для определения поляризации и правил отбора при экситонном поглощении света. Вырождение экситонных термов. Спектры антрацена и нафталина. Смешивание молекулярных конфигураций. Электронно-колебательные спектры. триплетные экситоны в молекулярных кристаллах. Мелкие и глубокие ловушки. Взаимодействие примесей друг с другом. Примесные экситонные зоны. Формула Ферстера-Галанина-Дакстера. Перенос энергии виртуальными экситонами. Вибронные спектры. Примесные экситонные зоны. Экситоны в смешанных кристаллах.

4. Экситоны в полупроводниках. Экситоны большого радиуса. Сериальные закономерности. Влияние внешних электрических и магнитных полей на спектр экситонов большого радиуса.

5. Элементы кристаллооптики с учетом пространственной дисперсии. Уравнения электромагнитного поля и общие свойства тензора $\epsilon_{ij}(\omega, \mathbf{k})$. Приближение классической кристаллооптики. Нормальные электромагнитные волны в среде. Поперечные и продольные волны, "фиктивные" продольные волны и волны поляризации. Кулоновские и механические экситоны. Поляритоны. Выделение поперечного поля E_{\perp} и тензор. Дисперсионные соотношения Крамерса-Кронига для комплексного показателя преломления. Новые волны в гиротропных и негиротропных кристаллах в области резонанса. Дисперсия оптической активности. Оптическая анизотропия кубических кристаллов. Методы расчета ϵ_{ij} и $\epsilon_{\perp ij}$.

6. Оптические спектры, обусловленные примесными центрами в кристаллах. Коэффициент поглощения света в адиабатическом приближении. Форма линии поглощения. Роль линейных и квадратичных по смещениям атомов, слагаемых в адиабатическом потенциале. Оптический аналог эффекта Мессбауэра. Спектры Шпольского. Правило Урбаха.

Б.IV. ТЕОРИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ

1. Излучение электромагнитных волн системой зарядов. Поле излучения в волновой зоне. Излучение электрического диполя. Гамильтонова формулировка теории излучения. Процессы первого порядка. Процессы второго и высших порядков.
2. Квантование поля излучения. Квантование уравнений теории поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Гамильтониан квантованного поля. Коммутационные соотношения для операторов поля. Вероятности радиационных переходов и принцип соответствия для спонтанного излучения. Поляризация излучения в квантовой теории. Вынужденное излучение и поглощение. Коэффициенты Эйнштейна.
3. Излучение электрических и магнитных мультиполей. Интенсивность излучения, энергия и угловой момент поля. Квантование и правила отбора.
4. Вынужденное излучение. Эффективное сечение поглощения. Коэффициенты поглощения. Усиление электромагнитных волн. Принцип работы лазера. Закон Кирхгофа.
5. Квантовая теория уширения линий. Радиационная ширина линий, отвечающих процессам первого порядка. Резонансная флуоресценция. Излучение движущихся частиц; эффект отдачи. Контур линий для двухфотонных резонансных процессов (двухквантовое поглощение, двухфотонная люминесценция, комбинационное рассеяние).
6. Излучение черного тела. Распределение Бозе-Эйнштейна. Формула Планка. Статистическое описание теплового излучения и излучения одномодового лазера.
7. Термодинамика излучения. Энтропия и энергия светового пучка. Преобразование световых пучков оптическими системами. Обратимость и необратимость преобразований. Температура светового пучка. Аналог цикла Карно для лазерных систем. Теплоемкость черного излучения. Закон Кирхгофа, условия его применимости.
8. Кооперативное спонтанное испускание (эффект Дикке). Испускание малыми и большими (в сравнении с длиной волны) системами.
9. Квантовая теория лазеров. Статистика лазерного излучения. Ширина спектра лазерного излучения.

Б.V. ЛАЗЕРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ.

1. Типы лазеров. Твердотельные лазеры. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры, лазеры на самоограниченных переходах. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на центрах окраски. Режимы работы лазеров. Непрерывный и импульсный режимы. Пиковый режим. Модуляция добротности.
2. Лазеры с перестраиваемой частотой излучения. Спектр излучения лазеров с широкой полосой усиления. Методы сужения и перестройки спектра генерации. Дисперсионные резонаторы и селекторы аксиальных типов колебаний. Стабилизация и "привязка частоты". Активные среды с широкими полосами усиления (растворы красителей, примесные кристаллы и стекла, плотные газы, полупроводники). Методы преобразования частоты (генерация гармоник, вынужденное комбинационное рассеяние, параметрические процессы, лазер с переворотом спина).
3. Абсорбционная лазерная спектроскопия. Предельная чувствительность и разрешающая способность метода. Детектирование линий по производной, связь глубины модуляции частоты с измеряемой шириной линии.
4. Оптико-акустический метод. Принцип метода, предельная чувствительность и область применений.
5. Лазерные методы эмиссионной спектроскопии. Гетеродирование; спектр фототока. Преобразование частоты в коротковолновую область спектра.

6. Резонансное взаимодействие квантовой системы с сильным электромагнитным полем. Двухуровневая система и монохроматическое поле. Кинетика вынужденных переходов. Эффект насыщения, ширина насыщения. Расщепление уровней. Влияние движения молекул, вырождения, столкновений.
7. Многоквантовые нерезонансные процессы. Многоквантовое поглощение, люминесценция и комбинационное рассеяние.
8. Спектр вынужденного и спонтанного испускания и поглощения для квантовой системы, находящейся во внешнем резонансном монохроматическом поле. Расщепление уровней, нелинейный интерференционный эффект, изменение заселенности сильным полем. Интерференция ступенчатых и многоквантовых процессов. Соотношение между спектральными плотностями коэффициентов Эйнштейна. Явления в двух- и трехуровневых системах. Роль движения и доплеровского уширения. Провалы Беннета и Лэмба.
9. Влияние доплеровского уширения на спектр испускания и поглощения пробного поля. Нелинейные резонансы в двух- и трехуровневых схемах. Анизотропия резонансов комбинационного рассеяния, двухфотонной люминесценции и двухфотонного поглощения. Резонансы в случае внешнего поля в виде стоячей волны. Расщепление линий в очень сильных полях. Резонансы при наличии постоянного магнитного поля.
10. Форма нелинейных резонансов. Аппарат квантового кинетического уравнения. Описание столкновений в ударном приближении. Контур и ширина резонансов при спонтанной релаксации; влияние столкновений упругих и неупругих.
11. Поляризационные явления нелинейной спектроскопии. Нелинейные резонансы в двух- и трехуровневых системах при наличии внешнего и пробного полей. Метод скрещенных поляризаций. Влияние деориентирующих столкновений.
12. Резонансная флуоресценция. Когерентная и некогерентная части резонансной флуоресценции. Влияние вырождения уровней, столкновений и поляризации возбуждающего излучения.
13. Спектроскопия с кольцевыми лазерами. Взаимодействие встречных волн в кольцевом лазере. Резонансы интенсивности встречных волн. Спектроскопия "внутри естественной ширины"
14. Нелинейная спектроскопия вращательно-уширенных переходов. Эффект насыщения, влияние вращательной релаксации. Измерение времен релаксации при импульсном воздействии.
15. Многофотонная ионизация атомов. Зависимость вероятности ионизации от интенсивности излучения. Резонансные явления при многофотонной ионизации. Ширина и полевое смещение резонансов многофотонной ионизации.
16. Активная спектроскопия комбинационного рассеяния. Принцип активной спектроскопии; измерение контуров линий комбинационного рассеяния.
17. Четырехфотонное резонансное параметрическое рассеяние (ЧРПР). Связь ЧРПР с амплитудно-фазовой модуляцией при самовоздействии плоских волн. Частотно-угловая диффузия. Условие пространственной синфазности.
18. Многофотонная диссоциация многоатомных молекул. Пороговые явления при многофотонной диссоциации молекул инфракрасным излучением. Изотопическая селективность, применение для разделения изотопов. Представление о квазиконтинууме возбужденных колебательных состояний. Вращательная компенсация ангармонизма колебаний. Влияние вырождения колебаний.
19. Воздействие внешнего поля на поступательное движение атомов и молекул. Эффект отдачи. Расщепление провала Лэмба. Локализация атомов в стоячей волне; спектры испускания и поглощения в двух- и трехуровневых системах. Ускорение атомов

излучением.

20. Лазерные методы количественного спектрального анализа. Флуоресцентный метод. Метод комбинационного рассеяния. Метод внутривибрационного поглощения. Сравнение чувствительности методов. Проблема детектирования отдельных атомов и молекул. Анализ загрязнений атмосферы.

21. Нелинейная спектроскопия долгоживущих систем в пространственно-неоднородных условиях. Амплитудные и фазовые “пролетные” явления, влияние медленных молекул. Взаимодействие молекул с двумя пространственно разнесенными световыми пучками. Поглощение из основного состояния при учете диффузии возбуждения.

22. Применения нелинейной спектроскопии. Измерение g -факторов, вероятностей радиационных переходов, сечений упругих и неупругих столкновений, уширения и сдвига линий. Стабилизация частоты излучения лазеров. Исследование сверхтонкой структуры уровней атомов и молекул.

В. ПРИКЛАДНАЯ ОПТИКА

В.І. ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ.

1. Основы геометрической оптики. Предельный переход от волновой оптики к геометрической. Кривизна луча. Поляризация волны в геометрической оптике. Принцип Ферма. Оптико-механическая аналогия.

2. Геометрическая теория изображений. Эйконалы. Угловой эйконал центрированной системы. Эйконал для преломления на поверхности вращения. Сложение оптических систем. Эйконал Зейделя. Стигматическое изображение широкими пучками лучей. Условие Аббе, апланатические точки. Матричный расчет оптических систем.

3. Аберрация оптических систем. Аберрации третьего порядка аксиально-симметричных систем. Аберрации второго порядка анаморфотов. Волновые и геометрические аберрации. Методы расчета аберраций.

4. Дифракционная теория оптических приборов. Распределение освещенности в безаберрационном изображении точки. Изображение точки при совместном учете аберраций и дифракций. Изображение частично-когерентных объектов.

5. Разрешающая сила оптических приборов. Аппаратная функция и частотно-контрастная характеристика, их связь. Наблюдаемое и истинное распределение освещенности в изображении. Методы редукции к идеальному прибору. Разрешающая способность приборов.

6. Статистически-информационное описание изображения. Стационарные случайные процессы. Корреляционная функция. Теорема Хинчина-Винера. Влияние случайных ошибок измерений (шумов) на изображение. Фильтрация изображения.

7. Характеристики приемников излучения: спектральная и интегральная чувствительность, шумы, инерционность. Приборы с зарядовой связью – линейки, матрицы.

8. Волоконная оптика. Типы волоконных световодов. Моды оптических волокон. Затухание и дисперсия мод. Направленные ответвители. Волоконные линии связи. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.

В.ІІ. СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ.

1. Основные характеристики спектральных приборов: дисперсия, разрешающая способность, светосила. Способы получения спектра: пространственное разложение; селективная амплитудная модуляция; селективная частотная модуляция. Сравнительные характеристики в области применения спектральных приборов различного типа.

2. Приборы с пространственным разложением излучения в спектр. Свойства диспергирующих систем: призмы, дифракционной решетки, интерферометра Фабри-

Перо. Аппаратная функция приборов, методы определения ее.

3. Приборы с селективной амплитудной модуляцией: интерферометр Фабри-Перо с фотоэлектрической регистрацией, грилл-спектрометр, СИСАМ. Области применения.

4. Фурье-спектрометр. Выигрыш Фелжета. Шумы приемника и фотонный шум. Аппаратная функция и разрешающая способность. Области применения.

5. Фотографическая фотометрия. Закон взаимозаменяемости и отступления от него. Светосила спектрального прибора при фотографической регистрации спектра. Гомохромная фотометрия. Гетерохромная фотометрия. Измерение интегральной интенсивности линий. Измерение контура линии. Случайные и систематические ошибки.

6. Фотоэлектрическая фотометрия. Приемники света: фотоэлемент и фотоумножитель; фотосопротивления; тепловые приемники; счетчики фотонов. Основные параметры приемников. Предельная чувствительность приемников различного типа. Светосила спектрального прибора при фотоэлектрической регистрации спектра.

7. Измерение длин волн. Стандарты частоты и стандарты длин волн.

8. Измерение абсолютных интенсивностей. Первичный стандарт – излучение абсолютно черного тела. Вольфрамовые эталонные лампы. Ультрафиолетовые стандарты. Синхротронное излучение. Измерения в области мягкого рентгеновского излучения.

9. Измерение контуров линий. Связь между истинным и наблюдаемым распределением энергии в спектре. Методы редукции к идеальному прибору. Роль случайных ошибок измерений, регуляризация редукции.

В.Ш. ГОЛОГРАФИЯ.

1. Физические основы голографии. Принцип восстановления волнового фронта – основное уравнение голографии. Объемные голограммы (метод Денисюка).

2. Основные схемы голографических систем. Голограммы Френеля, Фурье, Фраунгофера. Голограммы плоских и трехмерных объектов. Схемы голографирования нестационарных объектов. Получение увеличенных изображений.

3. Разрешающая способность голографических систем. Дифракционная разрешающая способность. Роль фотослоя. Ограничение поля зрения. Абберации голографических систем. Основные требования к источнику света.

4. Голографическая интерферометрия. Принцип “опорного предмета”. Двухэкспозиционная система. Схема “голограмма-предмет”. Расчет интерференционной картины. Применения.

5. Неоптическая голография. Акустическая голография. Синтез голограмм на ЭВМ.