

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Физический факультет

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан физического факультета

\_\_\_\_\_ М.С. Тиванов

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Регистрационный № \_\_\_\_\_

Программа вступительных испытаний  
для поступающих на I степень послевузовского образования  
(аспирантура)

Специальность 01.04.21 Лазерная физика

Минск, 2019г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**А.Л.Толстик** — зав. кафедрой лазерной физики и спектроскопии БГУ, д-р. физ.-мат. наук, профессор;

**Е.С.Воропай** — профессор кафедры лазерной физики и спектроскопии БГУ, д-р. физ.-мат. наук, профессор;

**И.М.Гулис** — профессор кафедры лазерной физики и спектроскопии БГУ, д-р. физ.-мат. наук, профессор;

**И.В.Сташкевич** — доцент кафедры лазерной физики и спектроскопии БГУ, канд. физ.-мат. наук, доцент.

**РАССМОТРЕНА И РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии

Протокол от 26 июня 2019 г. № 18

Советом факультета

Протокол от 27 июня 2019 № 12

Ответственный за редакцию

\_\_\_\_\_

(подпись)

**И.В.Сташкевич**

\_\_\_\_\_

(инициалы, фамилия)

# СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

## РАЗДЕЛ 1

1. Электромагнитная природа света. Характеристика оптического диапазона электромагнитных волн. Особенности видимого диапазона. Место оптики в физической науке и ее роль в научно-техническом прогрессе.
2. Описание электромагнитных волн. Структура плоской электромагнитной волны и ее представление в комплексной форме. Сферические волны. Сходящиеся и расходящиеся сферические волны.
3. Плотность потока энергии и импульса электромагнитных волн. Распределение плотности потока энергии по сечению пучка. Гауссов пучок. Плотность импульса электромагнитной волны. Давление света, его открытие, проявления и приложения.
4. Суперпозиция электромагнитных волн. Стоячие волны. Биения. Экспериментальное доказательство электромагнитной природы света.
5. Поляризация электромагнитных волн. Виды поляризации. Число независимых поляризаций. Волна с круговой или эллиптической поляризацией как и суперпозиция волн с линейными поляризациями и линейно поляризованная волна как суперпозиция волн с круговой поляризацией.
6. Усреднение физических волн. Интервал усреднения. Зависимость результата усреднения от интервала усреднения. Линейность операции усреднения. Вычисления с комплексными величинами.
7. Основные фотометрические понятия и величины. Соотношения между энергетическими и световыми характеристиками излучения.
8. Немонохроматическое и хаотическое излучения. Спектр амплитуд и спектр фаз излучения. Спектр импульсов излучения. Соотношение между продолжительностью импульса и шириной спектра. Смысл отрицательных частот при использовании рядов и интегралов Фурье в комплексной форме.
9. Естественная ширина линии излучения. Классическая модель излучателя. Лоренцева форма и ширина линии излучения. Время излучения. Форма линии поглощения. Квантовая интерпретация формы линии излучения. Квазимонохроматическая волна.
10. Уширение спектральных линий. Однородные и неоднородные уширения. Ударное уширение. Доплеровское уширение. Форма составной линии излучения.
11. Модулирование волны и волновые пакеты. Общая характеристика их спектрального состава в зависимости от временных свойств.
12. Хаотическое излучение. Суперпозиция волн со случайными фазами. Время разрешения. Время когерентности. Длина когерентности. Гауссов пучок. Флуктуация плотности потока энергии хаотического излучения.

13. Распространение, преломление и отражение света в изотропных средах . Распространение света в диэлектриках. Нормальная и аномальная дисперсии. Отражение и преломление света на границе между диэлектриками. Формулы Френеля. Полное отражение света. Энергетические соотношения при преломлении и отражении света. Световоды. Диффузное отражение.
14. Распространение света в проводящих средах. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Глубина проникновения. Отражение света от поверхности проводника.
15. Геометрическая оптика и простейшие оптические приборы.
16. Геометрическая оптика как предельный случай волновой оптики. Уравнение Эйконала и объяснение искривления луча в оптически неоднородных средах. Центрированная оптическая система и ее кардинальные элементы. Построение изображения в оптических системах. Абберации оптических систем (астигматизм, сферическая и хроматическая). Простейшие оптические приборы.
17. Интерференция. Двухлучевая интерференция, осуществляемая делением амплитуды. Интерферометр Майкельсона. Причины размывания полос интерференции. Интерференция немонохроматического света. Видимость интерференционной картины. Принцип Фурье-спектроскопии. Интерферометр Майкельсона с линейными полосами. Интерферометр Маха-Цендера. Интерферометр Тваймана – Грина. Другие интерферометры.
18. Двухлучевая интерференция, осуществляемая делением волнового фронта.
19. Принцип Гюйгенса. Схема Юнга. Интерференция при белом свете. Источник конечного размера. Временная и пространственная когерентности. Угловые и линейные размеры области когерентности. Звездный интерферометр. Измерение диаметров звезд. Другие интерферометры.
20. Многолучевая интерференция, осуществляемая делением амплитуды. Интерферометр Фабри-Перо. Разрешающая способность. Факторы, ограничивающие разрешающую способность. Дисперсионная область. Сканирующий интерферометр Фабри-Перо. Интерференционные фильтры. Другие интерферометры.
21. Интерференция в тонких пленках. Линии равного наклона и равной толщины. Роль размеров источника, толщины пленки и монохроматичности излучения. Кольца Ньютона. Учет многократных отражений. Слои с нулевой и высокой отражательной способностями. Диэлектрические зеркала. Полупрозрачные материалы.
22. Дифракция. Метод зон Френеля . Зоны Френеля. Графическое вычисление амплитуды. Пятно Пуассона. Дифракция на прямолинейном крае полубесконечного экрана. Зонная пластинка как линза. Трудности метода зон Френеля.

23. Приближение Кирхгофа. Оптическое приближение. Формула дифракции Френеля – Кирхгофа. Вторичные источники. Приближение Френеля.
24. Дифракция Фраунгофера. Область дифракции Фраунгофера. Дифракция на прямоугольном отверстии, щели в круглом отверстии. Дифракционная решетка. Фазовые и амплитудно-фазовые решетки. Наклонное падение лучей на решетку. Качественное рассмотрение дифракции на непрерывных периодических и непрерывных неперидических структурах. Дифракция на ультразвуковых волнах. Сравнение характеристик спектральных аппаратов.
25. Дифракция Френеля. Область дифракции Френеля. Дифракция на прямоугольном отверстии. Спираль Корню.

## РАЗДЕЛ 2

1. Интерференция поляризованных волн при прохождении через кристаллы. Пластинка в четверть, половину и целую волну. Анализ состояния поляризации света. Цвета кристаллических пластинок. Явления в сходящихся лучах.
2. Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах и аморфных веществах. Элементарная феноменологическая теория вращения плоскости поляризации. Оптическая изометрия. Вращение плоскости поляризации в магнитном поле.
3. Искусственная анизотропия, создаваемая деформациями, электрическим и магнитным полем, - качественное описание.
4. Рассеяние света. Природа процессов рассеивания. Рэлеевское рассеяние и рассеяние Ми (качественное описание закономерностей, количественные зависимости без вывода). Физическая сущность рассеяния Мандельштама –Бриллюэна и комбинационного рассеяния.
5. Фотоэффект. Основные экспериментальные закономерности и их истолкование. Определение постоянной Планка из фотоэффекта.
6. Усиление и генерация света. Излучение абсолютно черного тела. Элементарная квантовая теория. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.
7. Оптические усилители. Прохождение света через среду. Закон Бугера. Условие усиления. Воздействие светового потока на заселенность уровней. Условия насыщения. Создание инверсной заселенности.
8. Лазеры. Принципиальная схема лазера. Порог генерации. Условия стационарной генерации. Добротность. Непрерывные и импульсные лазеры. Повышение мощности излучения. Метод модулированной добротности.
9. Лазерное излучение. Моды излучения. Аксиальные моды Ширина линий излучений. Боковые моды. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов. Осуществление синхронизации мод. Лазерные спектры.

10. Характеристики некоторых типов лазеров: рубинового, гелийнеонового, CO<sub>2</sub> - лазеров. Газодинамические лазеры. Лазеры с перестраиваемой частотой. Информация о других типах лазеров и их характеристиках..
11. Спонтанное и вынужденное излучение в полупроводниках. Критерии возникновения лазерного излучения при излучательной рекомбинации электронов и дырок. Полупроводниковый лазер.
12. Нелинейные явления в оптике. Источник нелинейной поляризованности. Квадратичная нелинейность и нелинейности более высоких порядков. Комбинационные частоты.
13. Генерация гармоник. Волна линейной поляризованности. Волны нелинейной поляризованности. Условия пространственного синхронизма для удвоения частоты. Длина когерентности. Осуществление пространственного синхронизма. Векторное условие пространственного синхронизма. Генерации суммарных и разностных частот. Спонтанный распад фотона. Параметрическое усиление свет. Параметрические генераторы света.
14. Самовоздействие света в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка луча. Длина самофокусировки. Мощность самофокусировки. Пороговая мощность. Основные причины возникновения нелинейности показателя преломления..
15. Оптика движущихся сред. Эффект Доплера. Поперечный эффект Доплера в оптических измерениях. Оптические измерения в неинерциальных системах (эффект Саньяка). Принцип действия лазерного гироскопа. Красное смещение в спектрах Галактик.
16. Источники оптического излучения. Эффекты излучения в полупроводниках. Прямые и не прямые переходы носителей заряда. Виды люминесценции: катодо- и фотолюминесценция. Светоизлучающие диоды. Энергетические и фотометрические величины и единицы измерения. Световые и спектральные характеристики светодиодов. Лампы накаливания. Тепловые источники для ИК-области, дуговые искровые источники света. Газоразрядные лампы. Импульсные лампы.
17. Приемники оптического излучения. Физические основы приемников оптического излучения. Внешний фотоэффект. Свойства фотокатодов (квантовый выход, чувствительность, постоянная времени, спектральная характеристика).
18. Фотоэмиссионные приемники (фотоэлементы, фотоумножители), их основные характеристики. Фотоприемники: фотодиоды, фототранзисторы, лавинные фотодиоды. Диодные линейки и ПЗС-матрицы. Микроканальные усилители изображений. Основные параметры и характеристики фотоприемников: фоточувствительность, обнаружительная способность, быстродействие.
19. Приборы для систем отображения информации. Оптроны и оптоэлектронные интегральные схемы. Шумы оптических приемников. Пороговая чувствительность к обнаружению. Статистика фотоотсчетов.

- Вероятностные характеристики обнаружения. Соотношение сигнал-шум. Основные методы приема оптического излучения. Фотодетекторы на сверхрешетках. ИК фотодетекторы на квантовых ямах.
20. Методы и устройства для управления характеристиками оптического излучения и отображения оптической информации. Оптика анизотропных сред. Линейный и квадратичный электрооптические эффекты Поккельса и Керра в кристаллических и жидких средах. Электрооптические методы поляризационной, фазовой, амплитудной, частотной модуляции света, отклонения светового пучка на базе электро- и акустооптики. Электрооптические, акустооптические, магнитооптические, электромеханические, жидкокристаллические модуляторы, затворы, дефлекторы.
  21. Пространственные модуляторы света. Жидкокристаллические, твердотельные, пленочные и др. дисплеи и транспаранты.
  22. Программно-аппаратные средства автоматизации оптических измерений. Системы детектирования сигналов. Согласование приемников с усилителями и регистрирующими приборами. Системы управления приборами и комплексами. Системы обработки и анализа результатов. Интерфейсы связи приборов с компьютером.
  23. Основные понятия Фурье – оптики. Линза как элемент, осуществляющий преобразование Фурье. Дифракционное образование изображения линзой. Предел разрешающей способности оптических приборов. Метод темного поля. Метод фазового контраста. Основные понятия о пространственной фильтрации изображений.
  24. Физические основы метода голографической записи изображений. Схемы записи и восстановления тонкослойных голограмм. Получение цветных объемных изображений. Особенности голограмм как носителей информации. Применения голограмм.
  25. Распространение света в анизотропных средах. Описание анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики. Наука, М. 1973
2. Н.И. Калитеевский. Волновая оптика. "Высшая школа" М.1978
3. Р Дитчберн. Физическая оптика Наука, М. 1965
4. А.М.Саржевский. Оптика. В 2-х томах. "Университетское". Мн.1984
5. А.А.Семенов. Теория электромагнитных волн. Из-во МГУ, М. 1968.
6. А. Н. Матвеев. Оптика. Высш. школа. М. 1985.
7. Р. Фейнман., Р.Лейтон, М.Сэндо. Фейнмановские лекции по физике. Т.1-7. Мир. М.1977.
- 8 И.Е.Тамм. Основы теории электричества. Наука, М.1976.
9. Борн М. Атомная физика. Изд. 3-е, - М., «Мир», 1970.
10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. - М., «Наука». 1972.
- 11.Блохинцев Д.И. Основы квантовой механика. Изд. 5-е. - М., «Наука»,1976.
12. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. - М., «Наука», 1979.
- 13.Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. -М., Физматгиз, 1962.
14. Герцберг Г. Электронные спектры и строение многоатомных молекул. - М., «Мир», 1989.
15. Фриш С.Э. Оптические спектры атомов. - М.,-Л., Физматгиз, 1963.
16. Барлтроп Дж., Койл Дж. Возбужденные состояния в органической химии. - М., «Мир», 1978.
17. Волькенштейн М.В., Грибов Л.А., Ельяшевич М.А., Степанов Б.И. Колебания молекул. Изд. 2-ое. -М., «Наука», 1972.
18. Теренин Л.Н. Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений.-Л., «Наука»,1967.
19. Саржевский А.М..Севченко А.Н. Анизотропия поглощения и испускания света молекулами. - Минск, изд. БГУ 1986.
20. Бахшиев Ш.Г. Введение в молекулярную спектроскопию. Л. Изд. ЛГУ, 1987.
21. Хохштрассер. Молекулярные аспекты симметрии. М., «Мир», 1968.
22. Гулис И.М., Комяк А.И. Люминесценция. Мн.:БГУ, 2009.- 287 с.
23. Демтредер В. Лазерная спектроскопия. -М., «Наука», 1985.
24. Спектроскопия и динамика возбуждений в конденсированных молекулярных системах. Под ред. В.М. Аграповича и Р.М. Хохштрассера. М, Наука, 1987.
25. Сверхчувствительная лазерная спектроскопия. Под ред. Клайджера Д, - М., Мир, 1986.
26. І.В.Сташкевіч. Фізика лазераў. Мн., БДУ, 2006. 85 с.
27. Воропай Е.С., Торпачев П.А. Техника фотометрии высокого амплитудного разрешения. Минск.: Университетское. 1988. 208с.



28. И.М. Нагибина, В.А. Москалев, Н.А. Полушкина, В.А. Рудин. Прикладная физическая оптика. М. Высшая школа, 2002.-565 с.
29. С.А. Ахманов, С.Ю. Никитин. Физическая оптика. –М.: Изд-во МГУ4 Наука. 2004.-656 с.
30. Степанов Б.И. Введение в современную оптику: Поглощение и испускание света квантовыми системами.-Мн. Навука і тэхніка, 1991.- 480 с.

### Дополнительная литература

1. Сверхкороткие световые импульсы. Под ред. Шапиро С., -М., Мир, 1981.
2. Херман И., Вильгельми Б. Лазеры сверхкоротких световых импульсов.
3. Мальцев А.А. Молекулярная спектроскопия.- М., изд. МГУ, 1980.
4. Грибов Л.А., Баранов В.И., Новосадов Б.К. Методы расчета электронно-колебательных спектров многоатомных молекул. -М., 1984.
5. Бенуэлл И. Основы молекулярной спектроскопии. -М., Мир, 1985.
6. Степанов Б.И., Грибковский В.П. Введение в теорию люминесценции. Минск. «Наука и техника», 1963.
7. Паркер С. Фотолюминесценция растворов. -М., Мир, 1971.
8. Под ред. Воропая Е.С., Соловьева К.Н., Умрейко Д. С. Спектроскопия и люминесценция молекулярных систем. Мн.: БГУ, 2002. 399с.
9. Толстик А.Л. Многоволновые взаимодействия в растворах сложных органических соединений. Мн.: БГУ, 2002. 159с.
10. Ландсберг Г.С. Оптика, изд. 5-е -М., «Наука», 1976.
11. Клищенко А.П. Оптика. Курс лекций. Мн.: БГУ, 2001.
12. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерение. -М., изд-во МГУ, 1989.
13. Гулис И.М. Лазерная спектроскопия. БГУ, 2002. 187с.
14. Под ред. Воропая Е.С. Спектральные приборы для аналитических применений. Перспективные разработки Мн.: БГУ, 2005.- 196 с.
15. Демтредер В. Лазерная спектроскопия . -М., «Наука», 1985.