

Федеральное государственное учреждение  
«Федеральный научно-исследовательский центр  
«Кристаллография и фотоника»  
Российской академии наук»  
(ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН)

Принято на Ученом совете ИФТ РАН

Протокол № 1/2022 от 18.04. 2022



»

О.А. Алексеева

апреля 2022 г.

## ПРОГРАММА

**вступительного испытания для поступающих на обучение по программам  
подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

1.3. Физические науки

Научная специальность: 1.3.19. Лазерная физика

Форма обучения:

Очная

Срок обучения: 4 года

Москва

2022

## **I. Общие положения**

Настоящая программа вступительного испытания предназначена для поступающих в аспирантуру Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук» (ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН) и содержит требования к вступительному испытанию по научной специальности 1.3.19. Лазерная физика. Программа разработана на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета и программам магистратуры.

## **II. Содержание вступительного испытания**

### 1. Экспериментальные методы

1.1. Основы теории ошибок в обработке экспериментальных данных. Абсолютная и относительная погрешность эксперимента. Погрешность прямого и косвенного измерения. Цена деления, класс точности приборов. Статистическая ошибка и способы ее расчета. Распределение случайных событий (распределение Пуассона, распределение Лоренца). Распределение Стьюдента, метод малых выборок. Метод наименьших квадратов.

### 2. Электричество и магнетизм

2.1. Электрические заряды и поля. Металлы, полупроводники, диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Свободные и связанные заряды. Вектор электрической индукции. Граничные условия на границе диэлектриков. Поляризуемость среды.

2.2. Магнитные поля. Сила Лоренца. Движение заряда в однородном электрическом и магнитном полях. Эффект Холла. Электромагнитная индукция в движущихся и неподвижных проводниках.

2.3. Уравнение Максвелла. Вектор Пойнтинга–Умова. Плотность электромагнитной энергии. Электромагнитные волны. Диэлектрическая проницаемость. Скин-эффект.

### 3. Оптика

3.1. Электромагнитные волны в вакууме и диэлектриках. Поперечность электромагнитных волн. Поляризация, поляризационные элементы. Фазовая скорость.

3.2. Пространственная и временная когерентность. Частичная когерентность.

3.3. Интерференция волн. Основные виды интерференционных картин. Влияние степени монохроматичности и размеров источников на интерференционную картину.

3.4. Законы отражения и преломления света. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Угол Брюстера.

3.5. Геометрическая оптика. Принцип Ферма. Волновой фронт и лучевая картина. Геометрическая теория оптических приборов. Преломление на плоских и сферических поверхностях. Увеличение. Линзы, призмы, телескопы, микроскопы. Типы аберраций оптических систем.

3.6. Дифракция. Принцип Гюйгенса–Френеля. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Дифракционная решетка. Объемная дифракция, условия Вульфа–Брэгга. Дифракционные явления в оптических приборах. Разрешающая способность микроскопов и телескопов.

3.7. Основы металлооптики. Отражение света от металлов. Оптические характеристики металлов и их определение.

3.8. Кристаллооптика. Одноосные и двуосные кристаллы. Жидкие кристаллы. Двухлучепреломление. Анизотропия при деформациях, в электрическом и магнитном полях.

3.9. Спектральные приборы (дифракционные, интерференционные). Основные характеристики спектральных приборов (дисперсия, светосила, разрешающая сила). Интерферометры двухлучевые и многолучевые. Интерферометр Фабри–Перо и его разрешающая способность. Интерферометр Майкельсона. Фурье-спектрометр.

3.10. Корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Фотоэффект, его объяснение. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона.

#### 4. Квантовая механика

4.1. Волновые функции и их физический смысл. Принцип неопределенности Гейзенберга.

4.2. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния, энергетические уровни. Вырождение и симметрия. Гармонический осциллятор.

4.3. Атом водорода. Квантовые числа. Уровни и спектр излучения атома водорода.

4.4. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона, принцип Паули. Тонкая и сверхтонкая структура уровней атома. Лэмбовский сдвиг. Несохранение четности. Магнитомеханические и механомагнитные явления.

4.5. Периодическая система элементов Менделеева и структура электронных оболочек. Валентность.

4.6. Излучение атомов. Правила отбора. Спонтанное и вынужденное испускание и поглощение. Коэффициенты Эйнштейна. Контуры спектральных линий.

4.7. Рентгеновские лучи, их получение и свойства. Характеристическое рентгеновское излучение. Синхронное излучение. Методы рентгеновской спектроскопии.

## 5. Статистическая физика

5.1. Тепловое излучение. Законы Кирхгофа, Стефана–Больцмана и Вина. Формула Планка для теплового излучения. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

## 6. Физические основы квантовой электроники

6.1. Оптические и безызлучательные переходы в квантовых системах. Спонтанное и вынужденное излучения.

6.2. Энергетические состояния и квантовые переходы в атомных системах.

6.3. Ширина и форма спектральных линий. Механизмы однородного и неоднородного уширения линий в газах и твердых телах.

6.4. Инверсия населенностей энергетических состояний. Коэффициент усиления лазерной среды. Принципы создания инверсной населенности.

6.5. Насыщение, поглощение и усиление света.

## 7. Специальные вопросы

7.1. Газовые лазеры.

7.2. Лазеры на твердых активных средах.

7.3. Полупроводниковые инжекционные лазеры, лазеры на гетероструктурах, лазеры на квантово-размерных структурах.

7.4. Оптические резонаторы.

7.5. Основные типы открытых резонаторов.

7.6. Методы селекций продольных и поперечных типов колебаний.

7.7. Пространственные и угловые характеристики излучения лазеров.

7.8. Модуляция добротности.

7.9. Модуляторы добротности.

7.10. Управление параметрами импульсов, схемы модуляции добротности.

7.11. Методы генерации сверхкоротких (фемтосекундных) импульсов света.

7.12. Преобразование частоты лазерного излучения, генерация гармоник и комбинационных частот, параметрическое усиление и параметрическая генерация света.

7.13 Вынужденные рассеяния: Мандельштама-Бриллюена (ВРМБ), комбинационное (рамановское, ВКР), Рэлеевское.

7.14 Самофокусировка.

7.15 Оптический пробой в газах и твердых телах.

#### 7.16. Основные лазерные параметры и методы их измерения

Мощность (непрерывная, импульсная, средняя) лазерного излучения, энергия импульса излучения.

2. Распределение излучения в ближней и дальней зонах, угловая расходимость.

3. Когерентность (пространственная, временная).

4. Поляризация, спектр мод резонатора (продольные и поперечные моды).

5. Стабильность (кратковременная и долговременная, амплитудная и частотная).

6. Шумы излучения, параметры модуляции лазеров.

7. Методы измерения перечисленных параметров лазерного излучения.

#### 7.17. Устройства для управления параметрами лазерного излучения

1. Ячейки Керра, Поккельса, Фарадея, акустооптические.

2. Адаптивные зеркала.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. III. "Электричество". М.: Физматлит, 2004. 654 с.

2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. IV "Оптика". М.: Физматлит, 2004. 792 с.

3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. V "Атомная и ядерная физика". М.: Физматлит, 2008. 782 с.

4. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. II "Электричество и магнетизм. Волны. Оптика". М.: Кнорус, 2012. 570 с.

5. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. III "Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц". М.: Кнорус, 2012. 359 с.

6. Литвинов О.С., Горелик В.С. Электромагнитные волны и оптика. М.: Издательство МГТУ им. Н.З. Баумана, 2006. 449 с.

7. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 615 с.

8. Калашников С.Г. Электричество. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 624 с.

9. Ландсберг Г.С. Оптика. Изд. 6-е, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 848 с.

10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 2001.
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М.: Наука, 2001
12. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, ч.1. М.: Наука, 2001
13. Звелто О. Принципы лазеров. М.: Мир, 1990.
14. Коротеев Н.И., Шумай И.Л. Физика мощного лазерного излучения. М.: Наука, 1991.
15. Херман Й., Вильгельм Б. Лазеры сверхкоротких световых импульсов. М.: Мир, 1986.
16. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки. М.: Наука, 1990.
17. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. М.: Наука, 1989.
18. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика. М.: Радио и связь, 2004.
19. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. Учебник. М.: Высш. шк., 2001.
20. Ярив А. Введение в оптическую электронику. М.: Высш. шк., 1983.
21. Физика полупроводниковых лазеров / Под ред. Х. Тукумы. М.: Мир, 1989.