

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

Принято на Ученом совете  
ИПЛИТ РАН – филиала ФНИЦ  
«Кристаллография и фотоника» РАН  
Протокол № 2/2022 от 7 апреля 2022 г.



\_\_\_ О.А. Алексеева

**ПРОГРАММА**

**вступительного испытания**

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

**2.2. Электроника, фотоника, приборостроение и связь**

Научная специальность: **2.2.2. Электронная компонентная база  
микро- и наноэлектроники, квантовых устройств**

Форма обучения: очная

Срок обучения: 4 года

Шатура  
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 2.2.2. Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств. Программа разработана на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета и программам магистратуры.

## **II. Содержание вступительного испытания**

### 1. Электричество и магнетизм

1. Электрические заряды и электрическое поле. Поляризация диэлектриков. Свободные и связанные заряды. Вектор электрической индукции. Граничные условия на границе диэлектриков. Поляризуемость.

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

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

### 2. Оптика и атомная физика

1. Волны в вакууме и диэлектриках. Поперечность волн. Поляризация, поляризационные приборы. Фазовая скорость.

2. Основы теории когерентности света. Пространственная и временная когерентность. Частичная когерентность.

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

4. Законы отражения и преломления света. Формулы Френеля. Полное отражение. Поверхностные волны.

5. Геометрическая оптика. Принцип Ферми. Волновой фронт и лучевая картина. Геометрическая теория оптических приборов. Преломление на плоских и сферических поверхностях. Увеличение. Линзы, призмы, телескопы, микроскопы. Аберрация оптических систем.

6. Дифракция. Принцип Гюйгенса–Френеля (Кирхгофа). Дифракция Френеля и Фраунгофера. Дифракционная решетка, плоская и объемная; условия Вульфа-Брэгга.

7. Дифракционные явления в оптических приборах. Дифракционная разрешающая способность объективов и телескопов. Теория Аббе–Мандельштама–Рождественского разрешающей силы микроскопов. Влияние когерентности освещения.

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

9. Кристаллооптика. Оптические характеристики анизотропных сред. Поверхность лучевая и поверхность нормалей. Одноосные и двуосные кристаллы. Построение Гюйгенса для анизотропных сред. Интерференционные явления в кристаллических пластинках. Искусственная анизотропия, возникающая при деформациях и в электрическом и магнитном полях. Поляризационные приборы.

10. 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.

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

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

13. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния, энергетические уровни. Вырождение и симметрия. Гармонический осциллятор. Нулевая энергия.

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

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

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

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

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

19. Тепловое излучение. Законы Кирхгофа, Стефана–Больцмана и Вина. Формула Рэлея–Джинса. Формула Планка.

### 3. Физические основы квантовой электроники

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

2. Энергетические состояния и квантовые переходы в атомных системах.

3. Ширина и форма спектральных линий. Механизмы однородного и неоднородного уширения линий в газах и твердых телах.
4. Инверсия населенностей энергетических состояний. Коэффициент усиления лазерной среды. Принципы создания инверсной населенности.
5. Насыщение, поглощение и усиление света.

#### 4. Лазеры

1. Газовые лазеры.
2. Лазеры на твердых активных средах.
3. Полупроводниковые инжекционные лазеры, лазеры на гетероструктурах, лазеры на квантово-размерных структурах.

#### 5. Резонаторы

1. Оптические резонаторы.
2. Основные типы открытых резонаторов.
3. Методы селекций продольных и поперечных типов колебаний.
4. Пространственные и угловые характеристики излучения лазеров.

#### 6. Генерация коротких и сверхкоротких импульсов и методы управления параметрами излучения лазеров

1. Модуляция добротности.
2. Модуляторы добротности.
3. Управление параметрами импульсов, схемы модуляции добротности.
4. Методы генерации сверхкоротких (фемтосекундных) импульсов света.

#### 7. Основные нелинейные эффекты в различных средах и их применение

1. Преобразование частоты лазерного излучения, генерация гармоник и комбинационных частот, параметрическое усиление и параметрическая генерация света.
2. Вынужденные рассеяния: Мандельштама-Бриллюена (ВРМБ), комбинационное (рамановское, ВКР), Рэлеевское.
3. Самофокусировка.
4. Оптический пробой в газах и твердых телах.

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

1. 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.

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