

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

ПРОГРАММА

**вступительного испытания по специальной дисциплине по программе подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

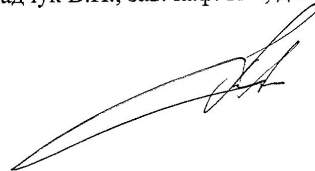
Научная специальность

2.2.6. Оптические и оптико-электронные
приборы и комплексы

**Направленность (профиль)
программы аспирантуры
Обеспечивающие кафедры:**

Оптические и оптико-электронные приборы и
комплексы
Общая физика (ОФ)
Прикладная физика (ПФ)

Руководитель программы: Первадчук В.П., зав. каф. ПФ, доктор технических наук



Пермь 2022

Введение

Программа предназначена для подготовки к сдаче вступительного испытания в аспирантуру по специальной дисциплине группы научных специальностей « Электроника, фотоника, приборостроение и связь», научная специальность 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Программа содержит примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену, список литературы, необходимой для подготовки к сдаче вступительного экзамена.

К сдаче вступительных испытаний в соответствии с Правилами приема, установленными в ПНИПУ, допускаются лица, имеющие высшее профессиональное образование по направлениям подготовки магистров и специалистов.

Сдающие вступительный экзамен по научной специальности должны продемонстрировать глубокие теоретические знания в области избранного научного направления, уметь логично и аргументировано излагать материал, а также уметь отвечать на вопросы, связанные с темой будущей диссертационной работы и учитывающие научные достижения кафедры.

Экзаменационный билет содержит два вопроса. Первый вопрос в билете – из Списка вопросов по общей физике. Второй вопрос – по фотонике.

1. Дисциплины, включенные в программу вступительных испытаний в аспирантуру:

2. Содержание учебных дисциплин

2.1. Общая физика

1. Колебательное движение. Общие сведения о колебаниях. Гармонические колебания. Энергии гармонического колебания. Гармонический, осциллятор. Малые колебания системы вблизи положения равновесия. Математический маятник. Физический маятник. Представление гармонического колебания с помощью вектора амплитуды. Сложение колебаний одинакового направления. Биения. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу. Затухающие колебания. Автоколебания. Вынужденные колебания. Параметрический резонанс. Колебания связанных осцилляторов.
2. Волны. Распространение волн в упругой среде. Плоская и сферическая волны. Уравнение плоской волны. Волновое уравнение. Скорость распространения упругих волн. Энергия упругой волны. Интерференция и дифракция волн. Стоячие волны. Колебания струны. Звуковые волны. Скорость звуковых волн в газах. Эффект Доплера. Ультразвук.
3. Электрическое поле в диэлектриках. Полярные и неполярные молекулы. Диполь в однородном и неоднородном электрических полях. Поляризация диэлектриков. Описание поля в диэлектриках. Силы, действующие на заряд в диэлектрике. Сегнетоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект.
4. Магнитное поле в вакууме. Взаимодействие токов. Магнитное поле. Закон Био-Савара. Поле движущегося заряда. Поля прямого и кругового токов. Циркуляция вектора \mathbf{B} . Поле соленоида и тороида.

5. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Отклонение движущихся заряженных частиц электрическим и магнитным полями. Определение заряда и массы электрона. Определение удельного заряда положительных ионов. Масс-спектрографы. Циклотрон.
6. Электрический ток в металлах и полупроводниках. Природа носителей тока в металлах. Элементарная классическая теория металлов. Понятие о квантовой теории металлов. Полупроводники. Эффект Холла. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Электронные лампы. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления. Полупроводниковые диоды и триоды. Фотоэмиссия.
7. Электромагнитное поле. Вихревое электрическое поле. Бетатрон. Ток смещения. Электромагнитное поле. Описание свойств векторных полей. Уравнение Максвелла.
8. Основные законы оптики. Принцип Ферма. Скорость света. Световой поток. Фотометрические величины и их единицы. Фотометрия
9. Геометрическая оптика. Основные понятия и определения. Центрированная оптическая система. Сложение оптических систем. Преломление на сферической поверхности. Линза. Погрешности оптических форм. Оптические приборы. Светосила объектива.
10. Интерференция света. Световая волна. Интерференция световых волн. Способы наблюдения интерференции света. Интерференция света при отражении от тонких пластинок. Применения интерференции света.
11. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля от простейших преград. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка. Дифракция рентгеновских лучей. Разрешающая сила объектива.
12. Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Поляризация при двойном лучепреломлении. Интерференция поляризованных лучей. Кристаллическая пластинка между двумя поляризаторами. Искусственное двойное лучепреломление. Вращение плоскости поляризации.
13. Оптика движущихся сред и теория относительности. Опыт Физо и опыт Майкельсона. Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Интервал. Сложение скоростей. Эффект Доплера и абберация. Релятивистская динамика.
14. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом. Дисперсия света. Групповая скорость. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света. Рассеяние света. Эффект Вавилова-Черенкова.
15. Тепловое излучение. Тепловое излучение и люминесценция. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Вельмиана и закон Вина. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка. Оптическая пирометрия.
16. Фотоны. Тормозное рентгеновское излучение. Фотоэффект. Фотоны. Эффект Комптона.

2.2. Фотоника

17. Постулаты волновой оптики. Монохроматические волны. Комплексное представление и уравнение Гельмгольца. Параксиальные волны. Прохождение

световой волны через оптические элементы. Временная когерентность квазимонохроматического света, длина и время когерентности. Спектральное и временное рассмотрение. Взаимосвязь спектра и корреляционной функции. Пространственная когерентность квазимонохроматического света. Радиус пространственной когерентности. Методы повышения степени когерентности, пространственные фильтры и монохроматоры.

18. Двухволновая интерференция. Интерференционные картины при сложении квазимонохроматических волн. Многоволновая интерференция. Суперпозиция многих волн с равными амплитудами. Формула Эйри. Интерференционные фильтры и зеркала. Различные типы интерферометров: Юнга, Майкельсона, Фабри-Перо, Саньяка, Жамена. Физические основы их работы и основные характеристики.

19. Влияние временной когерентности на интерференцию света. Интерферограммы и Фурье-спектроскопия. Влияние пространственной когерентности на интерференцию. Интерференция света от протяженных источников. Влияние спектральной ширины источника.

20. Гауссов пучок как решение параксиального уравнения Гельмгольца. Свойства гауссова пучка. Прохождение через тонкую линзу. Фокусировка, коллимирование и расширение пучка. Прохождение через произвольные оптические элементы. Закон ABCD.

21. Фурье-описание распространения света. Пространственные гармоники и плоские волны. Передаточная функция и функция отклика на импульсное воздействие. Оптическое преобразование Фурье. Дифракция света в приближении Френеля и Фраунгофера. Волновая оптика формирования изображений. Дифракционный предел разрешающей способности.

22. Общефизические и квантовомеханические основы оптических нелинейностей. Нелинейно-оптическое преобразование частоты. Особенности преобразования частоты в нелинейно-оптических кристаллах. Фазовый (волновой) синхронизм и его интерференционная природа. Фазовый синхронизм в случае генерации второй гармоники. Точное решение для генерации второй гармоники. Оптические схемы генерации второй гармоники. Трехволновое взаимодействие в квадратично-нелинейной среде. Параметрическая генерация света при непрерывной и импульсной накачке. Соотношения Мэнли-Роу. Оптические схемы параметрической генерации света.

23. Самовоздействия световых волн в кубично-нелинейных средах. Распространение световых пучков и волновых пакетов в нелинейных диспергирующих средах. Самофокусировка и самоканализация световых пучков. Оптическая бистабильность. Фазовая самомодуляция. Фазовая кросс-модуляция.

24. Вынужденные нелинейные процессы. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). Вынужденное рассеяние Манделштама-Бриллюэна (ВРМБ). ВКР- и ВРМБ-усиление. Модели эволюции нелинейных волн. Уравнения Римана, Бюргерса, Кортевега-де-Фриза. Нелинейное уравнение Шредингера. Обобщенное эволюционное уравнение. Модуляционная неустойчивость. Оптические солитоны в волоконной оптике. Синхронизация мод. Методы компрессии оптических импульсов в диспергирующих средах. Измерение длительности сверхкоротких оптических импульсов.

25. Четырехволновое взаимодействие в кубично-нелинейной среде. Четырехволновое смешение. Спектр стоксовых и антистоксовых компонент четырехволнового смешения в одномодовом световоде. Параметрическое усиление

как частный случай частично вырожденного четырехволнового смешения. Математическая модель параметрического усиления. Принципы обращения волнового фронта световых волн. Методы получения обращенной волны. Ограничения, накладываемые дисперсионными и нелинейными явлениями в волокне. Требования к компонентам систем передачи. Методы компенсации дисперсионных и нелинейных эффектов и восстановления характеристик волоконно-оптических линий.

26. Основные области применения и перспективы развития нелинейной волоконной оптики. Развитие волоконно-оптической связи и роль нелинейных эффектов. Технология WDM. Волоконные лазеры, генераторы, усилители и датчики, основные направления их совершенствования. Механизмы генерации суперконтинуума. Фотонно-кристаллические волоконные световоды. Физический механизм передачи светового излучения на основе запрещенных фотонных зон. Лазерная генерация суперконтинуума в фотонно-кристаллических волокнах.

27. Обеспечение единства измерений в системе технического регулирования. Классификация эталонов единиц физических величин, международная система единиц СИ. Особенности измерений в волоконной оптике. Метрологическое обеспечение измерений в волоконной оптике.

28. Классификация измерений в волоконной оптике. Измерение параметров одномодового волокна: размера модового пятна, длины волны отсечки, хроматической дисперсии, затухания. Измерение параметров многомодового волокна: диаметра сердцевины, числовой апертуры, хроматической и многомодовой дисперсии, затухания. Стандартные категории волокон и виды испытаний: методы преломления и распределения света в ближнем поле, задержки отраженного импульса, измерения механических характеристик. Методы измерения затухания (обрыва, вносимых потерь, обратного рассеяния). Измерение ширины полосы пропускания: импульсная и частотная характеристики. Измерение передаваемой мощности. Методы фазового сдвига и задержки импульса определения дисперсии.

29. Методы определения характеристик при испытаниях на воздействие внешних факторов. Измерение спектральных характеристик: анализ оптического спектра, измерение длины волны, ширины линии и фазового шума без модуляции лазера, частотной модуляции оптического сигнала.

3. Рекомендуемая литература, информационные ресурсы

Рекомендуемая литература по части «Общая физика»

1. И.В. Савельев. Основы общей физики, т.т. 1,2,3, М., Наука.
2. С.Э. Хайкин. Механика, Общий курс физики, т. 1, М.-Л., 1948 г.
3. С.Г. Калашников. Электричество, М., Наука, 1970 г.
4. А.К. Кикоин. Молекулярная физика, М., Физматгиз, 1963 г.
5. Г.С. Ландсберг. Оптика. Изд. 4-е, Общий курс физики, т. 3, М., 1957 г.
6. Курс физики (учебное пособие для втузов и физ.-мат. фак. ун-в). Под редакцией Н.Д. Папалекси, М.-Л., Гостехиздат, 1948, т.т. 1,2.

Рекомендуемая литература по части «Фотоника»

1. Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика. М.: Мир, 1996. – 323 с.
2. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика: учеб. пособие. М.: Физматлит, 2004. – 512 с.

3. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения: учеб. пособие. М.: компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999. – 672 с.
4. Беспрозванных В.Г., Первадчук В.П. Нелинейные эффекты в волоконной оптике: учеб пособие. – Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 228 с.
5. Цаплин А.И., Лихачев М.Е. Методы измерений в волоконной оптике: учеб пособие. – Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 227 с.
6. Шумкова Д.Б., Левченко А.Е. Специальные волоконные световоды: учеб пособие. Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 178 с.
7. Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника: принципы и применения: учеб. пособие в 2-х т. Т. 1. – Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект», 2012. – 760 с.
8. Ландсберг Г.С. Оптика: учеб. пособие для вузов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 848 с.
9. Калитеевский Н.И. Волновая оптика: учеб. пособие. 4-е изд. – СПб.: изд-во «Лань», 2006. – 480 с.
10. Заказнов Н.П., Кирюшин С.И., Кузичев В.И. Теория оптических систем: учеб. пособие. 4-е изд. – СПб.: Изд-во «Лань», 2008. – 448 с.
11. Физическая оптика: учебник. 2-е изд. / С.А. Ахманов, С.Ю. Никитин. – М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004. – 656 с.
12. Бочкарев С.В., Цаплин А.И., Схиртладзе А.Г. Диагностика и надежность автоматизированных технологических систем: учеб. пособие. Старый Оскол: изд-во ТНТ, 2013. – 616 с.

4. Пример экзаменационного билета

ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	УТВЕРЖДАЮ: Зав. кафедрой « <u>Прикладная математика</u> » <u>Первадчук В. П.</u> «__» _____ 20__ г.
	Вступительные испытания в аспирантуру по специальной программе <u>2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь</u> <i>(наименование программы аспирантуры, научная специальность)</i> <u>2.2.6 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы</u> <i>(шифр и наименование направления)</i>

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № ____

Вопросы:

1. Колебательное движение. Общие сведения о колебаниях. Гармонические колебания. Энергии гармонического колебания. Гармонический осциллятор. Малые колебания системы вблизи положения равновесия. Математический маятник. Физический маятник. Представление гармонического колебания с помощью вектора амплитуды. Сложение колебаний одинакового направления. Биения. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу. Затухающие колебания. Автоколебания. Вынужденные колебания. Параметрический резонанс. Колебания связанных осцилляторов.
2. Фурье-описание распространения света. Пространственные гармоники и плоские волны. Передаточная функция и функция отклика на импульсное воздействие. Оптическое преобразование Фурье. Дифракция света в приближении Френеля и Фраунгофера. Волновая оптика формирования изображений. Дифракционный предел разрешающей способности.