

Программа курса лекций
«Физические основы фотоники и нанофотоники»

1. **Основные определения фотоники** как технологии генерации и преобразования излучения с использованием фотона в качестве квантовой единицы. Области науки, входящие в ФОТОНИКУ.
2. **Квантовая теория теплового излучения.** Формула Планка. Излучение чёрного тела. Индуцированное и спонтанное излучение. Связь коэффициентов Эйнштейна для спонтанного и вынужденного излучения.
3. **Уравнения генерации лазера.** Классическое описание (вероятностный подход, уравнения Статца-Де Марса), полуклассическое (самосогласованные уравнения, уравнение Ван дер Поля), понятия о квантовых уравнениях. Скоростные уравнения: пороговые условия генерации, стационарный и модуляции добротности режимы. Уравнения Ван дер Поля лазерной генерации.
4. **Оптические резонаторы.** Открытый резонатор. Основные параметры резонатора: добротность, число Френеля, критерий устойчивости. Параметры лазерных пучков: расходимость, фактор качества M^2 .
5. **Гауссов пучок как решение волнового уравнения** в параксиальном приближении. Моды высшего порядка. Понятие лучевых матриц. Методы расчёта резонаторов: на основе дифракционного интеграла и $ABCD$ -закона преобразования комплексного параметра. Обобщённый двухзеркальный резонатор, области устойчивости.
6. **Спонтанное и стимулированное излучение.** Атомные переходы в конденсированной среде. Форма линии. Коэффициенты поглощения и усиления. Инверсная населённость.
7. **Когерентность электромагнитного излучения.** Многолучевая интерференция. Лазерные интерференционные зеркала.
8. **Оптические волоконные световоды.** Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС). Материальная и волноводная дисперсия в световодах. Одно- и много-модовые волокна. Микроструктурные волокна (фотонные кристаллы). Виды потерь в волокне. Типы волокон. Активные волокна. Датчики на основе оптоволокна.
9. **Полупроводниковые источники лазерного излучения.** Твёрдые растворы соединений. Гомо- и гетеропереходы. Квазиуровни Ферми. Энергетическая зонная диаграмма лазерного диода.
10. **Электронные волны де Бройля и зонная диаграмма.** Прямые и непрямые переходы. Неравновесные состояния. Условия генерации. Кванторазмерные эффекты в п/п лазерах. Каскадные лазеры. РОС лазерные диоды. Светодиоды как новое поколение источников света.
11. **Фотоприёмники — физические основы работы.** Фотодиоды, вольт-амперная характеристика, лавинный фотодиод. Шумы полупроводниковых приёмников излучения. ФЭУ. ЭОП. Матричные фотоприёмники.
12. **Нелинейная оптика. Генерация второй гармоники.** Параметрическая генерация. Понятие фазового синхронизма. Скалярный и векторный синхронизм. Укороченные уравнения. Генерация гармоник высокого порядка.

13. **Синхронизация мод в лазерах**, методы синхронизации. Сверхсильные световые поля. Нелинейно-оптические эффекты в лазерном поле. Пико- и фемтосекундные импульсы излучения. Спектрально-ограниченные импульсы. «Чирп» частоты. Волоконно-оптические компрессоры. Понятие о синхронизме в нелинейной оптике.
14. **Распространение сверхкоротких лазерных импульсов в оптических средах**: линейной дисперсионной среде; усиливающей среде; нелинейной среде с керровской нелинейностью; через частотный фильтр. Описание лазерных импульсов. Распространение волнового пакета в дисперсионной линейной среде с дисперсией вида $n = n_0 + \alpha\omega$. Керровская нелинейность. Поведение волнового пакета в нелинейной среде $n(I) = n_0 + \bar{n}_2 I$. Прохождение волнового пакета через частотный фильтр.
15. Характерные интенсивности лазерного поля. **Методы формирования сверхкоротких импульсов**, измерения параметров. Петаваттные лазерные комплексы.
16. **Волоконные лазеры**. Активные волоконные среды. Концентрационное тушение. Брэгговские волоконные зеркала. Нелинейные явления в волоконных лазерах.
17. **Адаптивная оптика**. Датчики Шака-Гартмана. Нелинейные адаптивные оптические системы на эффекте рассеяния Мандельштама-Бриллюэна. 3-х и 4-х частотное взаимодействие.
18. **Оптическая гиromетрия. Эффект Саньяка**. Лазерные оптические гироскопы. Волоконно-оптические гироскопы. Эффекты невзаимности встречных волн. Атомно-лучевая гиromетрия. Волны де Броиля. Лазерное охлаждение. Доплеровский метод. Магнитооптические ловушки.
19. **Широкозонные и узкозонные сенсоры** для фотоприёмников и приборов ночного видения.