

# ОПТИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ (оптика конденсированных сред)

**Лектор: Е. А. Ефремова**

*Данный курс рассчитан для бакалавров физических специальностей и направлен на приобретение знаний об основных закономерности взаимодействия света с различными объемными и низкоразмерным твердотельными структурами. В рамках курса студенты знакомятся и осваивают модели и подходы к описанию и анализу оптических явлений в твердых телах. Используется как полностью классическое описания, там, где это возможно, так и полуклассические модели. Формируются навыки анализа спектров полупроводников. Рассмотрены эффекты изменения оптических свойств полупроводников при наличие внешних воздействий.*

*This course is designed for Bachelors of Physics and is focuses on acquiring knowledge about the basic laws of light interaction with various bulk and low-dimensional solid-state structures. During the course, the students learn and master models and approaches to the description and analysis of optical phenomena in solid state body. The course utilizes both fully classical descriptions, where possible, as well as semi-classical models. Skills for analyzing semiconductor spectrum are also being developed. The course also covers various effects of changing optical properties of semiconductors under the external field.*

- **Вводная часть. Общие подходы к описанию взаимодействия света с веществом.**

1. Микро- и макроскопические уравнения Максвелла. Два подхода к выделению источников – квазистационарный и высокочастотный. Волновое уравнение в общем виде с выделением источников. Материальные уравнения. Классификация сред. Общие свойства тензоров диэлектрической/магнитной проницаемости. Соотношения Крамерса-Кронига – преобразование Гильберта. Трудности в применении соотношений К.-К. для восстановления вещественной части диэлектрической проницаемости по известному спектру поглощения для конечного спектрального интервала.
2. Однородный изотропный диэлектрик. Одномерная и двумерная постановка задачи модели Друде-Лоренца. Дисперсия среды в приближении Друде-Лоренца (одночастотный случай и обобщение на случай спектра). Дисперсия среды двухуровневых атомов. Полуклассический подход на основе решения уравнений матрицы плотности.

- **Оптика объемных полупроводников**

3. Оптика полупроводников. Основные процессы поглощения света в ПП (свободными электронами и дырками, связанными электронами (валентными или локализованными на примесях и дефектах).
4. Оптика полупроводников. Межзонное поглощение в прямозонных полупроводниках. Поглощение света при непрямах переходах. Особенности поглощения света в вырожденных полупроводниках. Эффект Бурштейна-Мосса.
5. Оптика полупроводников. Влияние примесей на поглощение ЭМП. Поглощение света в сильно легированных и неупорядоченных полупроводниках. Правило Урбаха. Примесное поглощение при малых концентрациях.
6. Оптика полупроводников. Влияние примесей на поглощение ЭМП. Поглощение света в сильно легированных и неупорядоченных полупроводниках. Правило Урбаха. Примесное поглощение при малых концентрациях.
7. Оптика полупроводников. Экситонное поглощения в ПП. Коллективные эффекты, экситонные комплексы.

8. Оптика полупроводников. Взаимодействие света с фононами. Взаимодействие света со сводными носителями в ПП. Поляроны и поляритоны.
9. Индуцированные эффекты в ПП. Влияние электрического поля на поглощение света в полупроводниках. Эффект Франца-Келдыша. Влияние магнитного поля на поглощение и преломление света в полупроводниках. Внутризонное поглощение и вращение плоскости поляризации света.
- **Основы оптики низкоразмерных структур**
  10. Влияние размеров тел на их оптические свойства; квантовый размерный эффект. Экситоны в полупроводниковых нанокристаллах, обменное взаимодействие, стоксов сдвиг, фактор Хуанг-Риса.
  11. Основы описания и особенности оптических свойств квантовых точек и квантовых ям.
- **Основы оптики 2D материалов**
  12. Оптические свойства графена.
- **Некоторые задачи распространения ЭМВ в конденсированных средах.**
  13. Гиротропные среды. Естественная оптическая активность. Распространение волн в гиротропных средах.
  14. Индуцированная анизотропия. Электрооптический эффект (линейный и квадратичный). Электрооптическая модуляция. Распространение волн в электрооптических кристаллах. Применение электрооптического эффекта.
  15. Индуцированная анизотропия. Магнитооптические эффекты. Эффект Зеемана (продольный и поперечный). Эффект Фарадея. Эффект Фогта. Магнитооптический эффект Керра. Применение магнитооптических эффектов.
  16. Акустооптика. Акустооптические взаимодействия. Брегговская дифракция и дифракция Рамана - Ната.

#### Литература:

1. М. Борн, Э. Вольф «Основы оптики», Наука, 1973
2. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц Теоретическая физика. Том 8. Электродинамика сплошных сред, 1982.
3. M. Dressel and G. Gruner, *Electrodynamics of Solids*. Cambridge University Press, Cambridge, 2002.
4. В. Б. Тимофеев. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур: учебное пособие, Лань, 2015
5. Lechonera, K. *Optical Properties of Solids: An Introductory Textbook*. Singapore, (2016)
6. M. Fox. *Optical Properties of Solids (Vol. Second edition)*. Oxford: OUP Oxford, (2010).
7. Ансельм А. И. Введения в теорию полупроводников, 2008.
8. Шалимова К.В. Физика полупроводников., Лань, 2020.
9. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников., М.: Физматлит. 2009
10. А. Ярив, П. Юх. Оптические волны в кристаллах., М. Мир., 1987

#### Дополнительная литература:

11. В.М. Агранович, В.Л Гинзбург. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов., 1965.
12. Ф. И. Федоров. Теория гиротропии, 1976.
13. А. В. Соколов. Оптические свойства металлов. М. 1961
14. Гроссе П. Свободные электроны в твердых телах, М, Мир, 1982.
15. С. А. Майер. Плазмоника: теория и приложения , 2011.

16. Grigorenko A. N., Polini M., Novoselov K. S. Graphene plasmonics //Nature photonics. – 2012. – Т. 6. – №. 11. – С. 749-758.

**Предварительно пройденные курсы, необходимые для изучения предмета:**

- Полный курс общей физики
- Квантовая механика
- Электродинамика сплошных сред
- ФТТ

**Оценивание курса:** экзамен и промежуточная аттестация