

1. Аннотация программы

Чем занимается физика конденсированного состояния (*condensed matter physics*)? Она исследует системы, которые состоят из чрезвычайно огромного количества компонентов и взаимодействие между ними настолько велико, что свойства системы уже не сводятся к свойствам отдельных компонентов. Оглянитесь по сторонам и вы заметите, что всё, что вы видите, любой объект, на котором остановился ваш взгляд представляет собой именно такую «конденсированную» фазу. Физики для своего концентрированного внимания выделяют весьма специфические объекты – металлы, полупроводники, магнетики, сверхпроводники, говорят о жидких фазах и твёрдых фазах. По сути обширность интересов физики конденсированного состояния предполагает, что её задачей является объяснение всего материального мира. Конечно, в рамках этого курса мы не будем пытаться нарисовать всю картину мира – это невозможно, но мы создадим каркас из базовых идей и представлений, лежащих в основе нашего сегодняшнего понимания ситуаций, когда мы имеем дело с большим числом объектов в сложной обстановке.

Основные темы:

1. Как мы постигаем окружающий мир.
2. Порядок! Все построились! Кристаллическая структура, элементы симметрии. Порядок здесь – беспорядок там! А что на границе?
3. Дискретность – непрерывность. Волны!
4. Волны в дискретных средах. Конструируем квазичастицу – фонон.
5. Основные положения квантовой механики. Всё очень серьёзно. Мы знаем, что никогда не будем иметь точного ответа! Живите теперь с этим – вероятностью и неопределённостью. Куда исчезло то, о чём мы знали точно?
6. Собираемся в кучу, становимся другими и приобретаем свободу. Делокализация.
7. Коллективисты и индивидуалисты. Бозоны и фермионы. Квантовая статистика.
8. Свобода в пределах разрешённого. Немного беспорядка есть всегда! Дрейф и диффузия.
9. А что если плоский? А если мы в трубе? Размерность имеет значение!
10. Беспорядок и локализация.

2. Длительность

Курс рассчитан на 15 лекций, сентябрь – декабрь 2023

3. Уровень курса

Начальный

4. Формат занятий

Лекции + самостоятельная работа

5. Чему научится студент?

Прослушав этот курс, Вы не станете специалистом в физике конденсированного состояния (это только “введение в...”) и не научитесь решать задачи в этой области, но Вы начнёте смотреть на мир немного другими глазами, перед Вами откроется огромный и прекрасный мир, изучением которого на сегодняшний день занимается подавляющее большинство из тех людей, которые называют себя физиками.

6. На кого ориентирован, какая целевая или предпочтительная аудитория?

Специальной подготовки не требуется. Курс предназначен для школьников старших классов, студентов, преподавателей.

7. Пререквизиты: что требуется от студента?

Основное требование к слушателям: быть любознательными, трудолюбивыми и обладать хорошим воображением. Весьма желательно знание математики в объёме школьной программы.

Программа курса (сухим академическим языком):

1. **Введение:** Место физики конденсированного состояния в системе знаний об окружающем мире.
2. **Кристаллическая структура:** Кристаллическая решётка, элементы симметрии. Примеры кристаллических структур. Индексы Миллера плоскостей и направлений. Ближний и дальний порядок. Дефекты кристаллической структуры.
3. **Колебания и волны:** Волновой вектор, частота колебаний, дисперсия. Распространение волн, дифракция, отражение. Сложение волн, интерференция.
4. **Тепловые колебания атомов в кристалле:** Модель одномерной цепочки, дисперсия. Понятие фонона. Концепция квазичастиц. Двухатомная линейная цепочка. Акустические и оптические фононы. Локальные фононные колебания.
5. **Основные положения квантовой механики:** Дуальная картина мира. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Частица в потенциальной яме: стационарные состояния, квантование энергии, туннелирование. Переход к классическому пределу. Волновой пакет.
6. **Модели энергетических зон:** Метод сильной связи – модель Фейнмана. Одномерная модель квантовых ям – модель Кронига - Пенни. Образование энергетических зон. Закон дисперсии, эффективная масса.

7. **Квантовая статистика:** Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Распределение Ферми-Дирака. Распределение электронов по энергетическим уровням. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной структуры.
8. **Электронный газ в металлах и полупроводниках:** Дрейф в электрическом поле, подвижность. Рассеяние на примесях, дефектах решётки и фононах. Диффузия, соотношение Эйнштейна. Основные уравнения, описывающие движение свободных носителей.
9. **Электронные системы пониженной размерности:** квантовые ямы, нити, точки. Размерное квантование проекции импульса и энергии. Баллистическая проводимость квантовых нитей. Квант сопротивления. Квантовые точечные контакты.
10. **Мезоскопические системы:** Фазовая когерентность. Интерференционная добавка к проводимости. Слабая локализация. Универсальные флуктуации кондактанса.

Список литературы – Конечно, было бы совершенно замечательно если бы современную физику конденсированного состояния можно было постичь прочитав одну книжку (да пусть даже и пять книжек!). Но, увы! «Нельзя объять необъятное». Однако, у нас есть золотые россыпи: книжки, написанные великими учёными специально для старшеклассников, к которым мне и хотелось бы привлечь внимание любознательных и трудолюбивых слушателей курса в первую очередь. В них мы найдём великолепное изложение некоторых идей и понятий, которые будут обсуждаться в этом курсе.

Рекомендуемая литература (золотые россыпи)

книжки, в аннотации к которым сказано: «для школьников»

1. Каганов М.И., Лифшиц И.М. «Квазичастицы» М. «Наука» 1989
2. Фейнман Р. «Характер физических законов»
М. «Наука» 1987, Библиотечка «Квант» вып. **62**
3. Мигдал А.Б. «Квантовая физика для больших и маленьких»
М. «Наука» 1989, Библиотечка «Квант» вып. **75**
4. Левинштейн М. Е., Симин Г. С. «Знакомство с полупроводниками»
М. «Наука» 1984, Библиотечка «Квант» вып. **33**
5. Левинштейн М. Е., Симин Г. С. «Барьеры»
М. «Наука» 1987, Библиотечка «Квант» вып. **65**
6. Эдельман В.С. «Вблизи абсолютного нуля»
М. «Наука» 1983, Библиотечка «Квант» вып. **26**
7. Ашкинази Л.А. «Вакуум для науки и техники»
М. «Наука» 1987, Библиотечка «Квант» вып. **58**
8. Штейберг А.С. «Репортаж из мира сплавов»
М. «Наука» 1989, Библиотечка «Квант» вып. **71**
9. Эфрос А.Л. «Физика и геометрия беспорядка»
М. «Наука» 1982, Библиотечка «Квант» вып. **19**
10. Асламазов Л.Г., Варламов А.А. «Удивительная физика»
М. «Наука» 1987, Библиотечка «Квант» вып. **63**

Классические учебники:

11. Ансельм А.И. «Введение в теорию полупроводников», М.: «Наука» 1978
12. Киттель Ч. «Введение в физику твёрдого тела», М.: «Наука» 1978
13. Займан Дж. «Принципы теории твёрдого тела», М.: «Мир» 1974
14. Ашкрофт Н., Мермин П. «Физика твердого тела», М.: «Мир» 1979
15. Анималу А. «Квантовая теория кристаллических твердых тел», М.: «Мир» 1981
16. Абрикосов А.А. «Основы теории металлов», М.: «Наука» 1987

