

Экспериментальные методы физики конденсированного состояния

лектор – проф. О.С. Волкова

Экспериментальные методы физики конденсированного состояния позволяют изучать все характеристики всех известных материалов. Многие из этих методов известны давно – измерения длины, времени, массы и т.д., а некоторые, как например, нейтронография, появились в результате открытия новых физических явлений – управляемой реакции деления радиоактивных элементов. Многообразие методик отражает богатство проявления различных физических свойств материалов. Так, в плане электрофизических свойств вещества могут классифицироваться как изоляторы, полупроводники, полуметаллы и металлы. Такое разделение групп материалов оправдано при измерениях на постоянном токе, но при измерениях на переменном токе границы классов размываются. Указанные классы веществ обладают принципиально разными оптическими свойствами, причем цвет объекта несет важную физическую информацию. В контексте магнитного поведения вещества делятся на диамагнетики и парамагнетики, которые, в свою очередь, при переходе в магнитоупорядоченное состояние подразделяются на ферромагнетики, ферримагнетики и антиферромагнетики. Для установления фундаментальных физических характеристик, не возмущенных тепловыми эффектами, зачастую необходимо понижать температуру исследуемых материалов используя экспериментальные методы физики низких температур.

Лекция 1.

Введение. Области применения низких температур. медицинские приложения (замораживание клеток, проект “Ноев ковчег”, криооперации, томографы, СКВИДы, криованны); космические приложения (болометры, прочностные характеристики материалов при низких температурах). Научные приложения (низкотемпературные эксперименты, сверхпроводящие кабели).

Лекция 2.

Термометрия. Шкалы измерения температур. Эффект Зеебека, термопара. Металлические термометры. Мостовая схема подключения сопротивления. Терморезисторы – угольные, оксидные, полупроводниковые. Эффект Джоуля – Томпсона.

Лекция 3.

Способы получения низких температур. Основы физики низких температур – Капица П.Л. Первые эксперименты со сжиженным азотом, водородом, гелием. Получение жидкого азота и гелия в современных установках. Работа с ^3He .

Лекция 4.

Сверхнизкие температуры. Изотопы гелия ^3He и ^4He . Фазовая диаграмма смеси ^3He - ^4He . Рефрижератор растворения ^3He - ^4He . Цикл Померанчука. Адиабатическое размагничивание (пирохлоры, шпинели). Адиабатическое ядерное размагничивание.

Лекция 5.

Состав воздуха, особые точки различных газов. Создание и контроль вакуума. Классификации вакуума, шкалы. Насосы - форвакуумные насосы, турбомолекулярные, диффузные, сорбционные. Вакууметры – жидкостные, датчик Пирани. Масспектрометрический течеискатель.

Лекция 6.

Постановка эксперимента. Получение образца – твердофазный метод, синтез монокристаллов из расплавов. Характеризация фазовой чистоты. Метод рентгенофазового анализа. Кристаллографическая база данных ICSD.

Лекция 7.

Элементы симметрии. Графические редакторы для построения кристаллических структур. Элементный анализ вещества. Рентген – флуорисцентный метод. Сканирующий электронный микроскоп.

Лекция 8.

Методы измерения термодинамических свойств. Тепловое расширение. Дилатометрия (тепловое расширение). Параметр Грюнайзена. Тепловое расширение жидкостей. Интерферометрия. Коэффициент теплового расширения. Спонтанная магнитострикция.

Лекция 9.

Методы измерения термодинамических свойств. Калориметрия. Теплоемкость, вклады от решеточной, электронной и магнитной подсистем. Модель Эйнштейна, модель Дебая. Фазовые переходы 1 и 2 рода и соответствующие им аномалии в теплоемкости. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Адиабатический калориметр.

Лекция 10.

Различные типы магнитоупорядоченных веществ и особенности проведения экспериментальных исследований на диамагнетиках, парамагнетиках, антиферромагнетиках, ферримагнетиках и ферромагнетиках. Основные характеристики магнетиков: эффективный магнитный момент, момент насыщения. Размерные эффекты в поведении магнитоупорядоченных веществ.

Лекция 11.

Магнитная восприимчивость, намагниченность. g – фактор. Методы измерения магнитных свойств. Режимы измерений zfc и fc . Методы Фарадея и Гюи. Вибрационный магнитометр. Астатический магнитометр. СКВИД магнитометр.

Лекция 12.

Методы создания магнитных полей. Постоянные магниты. Медные катушки. Биттеровские магнитометры. Сверхпроводящие магниты. Импульсные магнитные поля. Сжатие магнитного потока.

Лекция 13.

Измерение транспортных свойств. Формирование зонной картины. Типы проводников. Электрометрия. Дрейфовая скорость электрона. Эффект Холла. Механизмы электрического сопротивления. Удельное сопротивление. Поверхностные явления. Контакты. Четырехконтактная схема. Компенсационная схема. Метод Ван-дер-Пау.

Лекция 14.

Нейтронография основы. Корпускулярно – волновой дуализм нейтронов. Взаимодействие нейтронов с веществом. Интервал действия нейтронных техник. Источники нейтронов. Типы нейтронов. Нейтронные поперечные сечения. Пропускание нейтронов, нейтронная радиография. Рассеяние нейтронов. Треугольники рассеяния. Упругое и неупругое рассеяние.