

Нейтронография наносистем и материалов

(магистерская программа, III семестр)

Тема 1. НЕЙТРОНЫ В СОВРЕМЕННЫХ НАУКАХ

Нейтронная физика. Источники нейтронов. Нейтрон и новая физика. Физика атомного ядра. Физика конденсированного состояния. Нейтронная радиография и томография. Производство изотопов для медицины. Комплементарность рассеяния нейтронов, рентгеновского и синхротронного излучения.

Тема 2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ

Взаимодействие медленных нейтронов с веществом. Сечение рассеяния. Корреляционные функции. Когерентное и некогерентное рассеяние. Магнитное рассеяние. Поляризованные нейтроны. Динамическая теория рассеяния.

Тема 3. СИСТЕМЫ С ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТЬЮ

Пониженная размерность и физика наносистем. Оптический потенциал. Преломление нейтронных волн. Основы нейтронной рефлектометрии. Когерентность и глубина проникновения. Формулы Френеля. Отражение от многослойных структур.

Тема 4. МАГНЕТИЗМ КВАЗИ-2D СЛОИСТЫХ НАНОСТРУКТУР

Принципы теории рассеяния при скользком падении. Борновское приближение. Рефлектометрия поляризованных нейтронов. Незеркальное рассеяние в борновском приближении искаженных волн. Слоистые 2D структуры.

Тема 5. СЛОИСТЫЕ НАНОСИСТЕМЫ ДЛЯ СПИНТРОНИКИ

Гигантское магнитное сопротивление (ГМС). Многослойная 2D наноструктура Fe/Cr. Нейтронная поляризационная рефлектометрия. Профили намагниченности и механизмы ГМС.

Тема 6. САМООРГАНИЗАЦИЯ В ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТАХ

Иерархия каналов рассеяния при скользком падении. Зеркальное отражение. Незеркальное рассеяние. Борновское приближение искаженных волн. Полимерный нанокompозит. Малоугловое рассеяние при скользком падении. Капиллярные волны.

Тема 7. ЧАСТИЧНО УПОРЯДОЧЕННЫЕ СРЕДЫ

Частично упорядоченные среды. Характеристики мягкого вещества. Принципы малоуглового рассеяния нейтронов. Рассеяние на изолированных наночастицах. Эффект взаимодействия. Метод вариации контраста.

Тема 8. МАГНИТНЫЕ КОЛЛОИДНЫЕ ДИСПЕРСИИ

Магнитные коллоидные дисперсии. Структура ненамагниченных магнитных жидкостей. Магнитные жидкости в магнитном поле. Применения в биомедицине.

Тема 9. УГЛЕРОДНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ

Аллотропные формы углерода. Трехмерные структуры. Низкоразмерные структуры. Фуллерены в растворах.

Тема 10. САМОСБОРКА БИОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Виды биологических структур. Комплементарность нейтронных и синхротронных исследований. Самосборка фосфолипидных мембран. Рибосома – биологическая наномашина.

Тема 11. ПЕРИОДИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ

Кристаллические структуры. Магнитные структуры. Магнитные возбуждения.

Тема 12. СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Однофононное рассеяние. Структурные фазовые переходы. Динамика решетки при структурном фазовом переходе. Мягкая мода и центральный пик.

Тема 13. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

Кристаллическая структура. Электронная структура. Фазовая диаграмма. Механизмы высокотемпературной сверхпроводимости.

Тема 14. КОЛЛЕКТИВНЫЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ В ЖИДКОСТЯХ И АМОРФНЫХ ТЕЛАХ

Статический структурный фактор. Фононы в жидкости. Квазикристаллическая модель жидкости. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Коллективные возбуждения в жидком гелии и сверхтекучесть.

Литература

1. И.И.Гуревич, Л.В.Протасов. Физика нейтронов низких энергий. М.: Наука, 1965.
2. Нейтроны и твердое тело. В 3-х томах под общей редакцией Р.П.Озерова.
Том 1. Ю.З.Носик, Р.П.Озеров, К.Хенниг. Структурная нейтронография. М.: Атомиздат, 1979.
Том 2. Ю.А.Изюмов, В.Е.Найш, Р.П.Озеров. Нейтронография магнетиков. М.: Атомиздат, 1981.
Том 3. Ю.А.Изюмов, Н.А.Черноплеков. Нейтронная спектроскопия. М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. В.Л.Аксенов, Н.М.Плакида, С.Стаменкович. Рассеяние нейтронов сегнетоэлектриками. М.: Энероатомиздат, 1984.
4. Д.И.Свергун, Л.А.Фейгин. Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние. М.: Наука, 1986.
5. М.В.Авдеев, В.Л.Аксенов. Малоугловое рассеяние нейтронов в структурных исследованиях магнитных жидкостей. УФН, т. 180, № 1, с.109 (2010).
6. В.Л.Аксенов, А.М.Балагуров. Дифракция нейтронов на импульсных источниках. УФН, т. 186, № 3, с. 293 (2016).
7. П.А.Алексеев. Нейтронная спектроскопия и сильнокоррелированные электроны: взгляд изнутри. УФН, т. 187, № 1, с. 65 (2017).
8. А.М.Балагуров. Дифракция нейтронов для решения структурных задач. Saarbrücken: LAP. LAMBERT Ac. Publ., 2017.
9. И.Сердюк, Н.Заккаи, Дж.Заккаи. Методы в молекулярной биофизике в 2 т., М.: KDU, 2009.

Темы рефератов

к курсу «Нейтроннография наносистем и материалов» (магистры, III семестр)

1. Симметрия кристаллов.
2. Прямая и обратная решетки. Индексы Миллера. Закон Брэгга.
3. Магнетизм.
4. Сверхпроводимость.
5. Гигантское магнитное сопротивление.
6. Коллоидные системы.
7. Сверхтекучесть.
8. Фазовые переходы.
9. Полимеры.
10. Структура биологической клетки.

Литература

1. Ю.М.Ципенюк. Квантовая микро- и макро-физика. М.: Физматкнига, 2006.
2. М.Клеман, О.Д.Лаврентович. Основы физики частично упорядоченных сред. М.: Физматлит, 2007 (перевод с англ. M.Kleman, O.D.Lavrentovich. Soft Matter Physics. An Introduction. Springer, 2003).
3. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теоретическая физика в 10 т. Том V . Статистическая физика, ч. I; Том IX Статистическая физика, ч. 2. Теория конденсированного состояния. М.: Физматлит, 2001.