

# 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 скользющем 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 скользющем падении. Зеркальное отражение. Незеркальное рассеяние. Борновское приближение искаженных волн. Полимерный нанокompозит. Малоугловое рассеяние при скользющем 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.