

# Курс лекций «Спинтроника»

Цель данного курса заключается в том, чтобы познакомить студентов с основами наномagnetизма и спиновой физики, необходимыми для понимания современных достижений в области спинтроники. Программа включает в себя как обсуждение классических аспектов магнетизма, так и анализ современных направлений металлической и полупроводниковой спинтроники.

## I. Магнетизм

1. Природа магнетизма. Водородоподобный атом. Угловой момент и спин электрона. Неспаренные электроны и переходные металлы.
2. Атом в магнитном поле. Диамагнетизм и парамагнетизм атомов. Диамагнетизм и парамагнетизм свободных электронов.
3. Магнитное упорядочение. Молекулярное поле Вейсса. Теория фазовых переходов Ландау. Обменное взаимодействие на примере молекулы водорода. Ферро-, антиферро- и ферримагнетизм.
4. Магнитные домены. Магнитная анизотропия. Модель Стонера-Вольфарта. Доменные стены Нееля и Блоха.
5. Размагничивающее поле доменных стенок. Домены в тонких ферромагнитных пленках. Цилиндрические магнитные домены.
6. Магнитная динамика. Уравнения Ландау-Лифшица и Ландау-Лифшица-Гильберта. Ферромагнитный резонанс.
7. Электромагнитные волны в ферромагнетиках. Спиновые волны и магноны.

## II. Металлическая спинтроника

1. Электронный транспорт в ферромагнетиках. Гигантское магнитосопротивление. Туннельное магнитосопротивление.
2. Эффект переноса спина (spin transfer torque). Спин-трансферный нано-осциллятор.
3. Сверхобмен. Взаимодействие Дзялошинского-Мория. Движение доменной стенки под действием тока. Принцип работы racetrack memory. Магнитные скирмионы.

## III. Полупроводниковая спинтроника

1. Кинетическое уравнение. Электрический ток и спиновый ток. Прямой и обратный спиновый эффект Холла. Аномальный эффект Холла.
2. Спиновая релаксация. Механизмы Эллиота-Яфета, Дьяконова-Переля, Бира-Аронова-Пикуса. Эффекты Дрессельхауса и Рашбы.
3. Спиновая релаксация в магнитном поле. Магнитный резонанс. Спиновое эхо. Спиновый шум.
4. Ядерные спины. Сверхтонкое расщепление. Контактное взаимодействие Ферми. Дефазировка локализованных электронов. Эффект Оверхаузера. Диполь-дипольное взаимодействие ядерных спинов, диффузия спиновой поляризации ядер.