

# Спинтроника

**Лекторы:**  
Валерий Уздин



**Язык:**  
English

**Трудоемкость:**  
6 з.е.

**Форма контроля:**  
Экзамен

**Образовательная программа:**

Нанофотоника  
2 семестр  
Гибридные материалы  
2 семестр  
Квантовые материалы  
2 семестр  
Компьютерное моделирование квантовых  
и нанофотонных систем  
2 семестр

**Пререквизиты:**

Электродинамика  
Физика: механика  
Статистическая физика  
Квантовая механика

| Лекции<br>(ак.час)*               | Практические занятия<br>(ак.час) | Лабораторные занятия<br>(ак.час) |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 323                               | 32                               |                                  |
| *1 академический час = 45 минутам |                                  |                                  |

Курс предполагает знакомство с современным состоянием бурно развивающихся областей физики и технологии, связанных с магнетизмом нано и микросистем. С одной стороны будут обсуждаться современные методы исследования наноструктур, включая синхротронную и рентгеновскую спектроскопию, нейтронное рассеяние, туннельную микроскопию и др., а с другой стороны предполагается изучение теоретических подходов, используемых для описания физических свойств, упорядочения и динамики магнитных наносистем и интерпретации экспериментальных данных. Предполагается также выполнение индивидуальных проектов, связанных с моделированием магнитных микро и наносистем.

The course involves the study of the current state of rapidly developing areas of physics and technology related to the magnetism of nano and microsystems. On the one hand, modern methods for studying nanostructures will be discussed, including synchrotron and X-ray spectroscopy, neutron scattering, tunneling microscopy, etc., and on the other hand, it is planned to study theoretical approaches used to describe physical properties, the ordering and dynamics of magnetic nanosystems as well as for the interpretation of experimental data. It is also planned to implement individual projects related to the modeling of magnetic micro and nanosystems.

# Содержание курса

## План курса

### Структура курса

1. Магнетизм в разных пространственных масштабах. Изучение степеней свободы для спина. Новые магнитные состояния и структуры: магнитные сверхрешетки, обменные магнитные пружины, скирмионы и т. д.
2. Иерархия физических моделей. Безразмерные параметры. Идеальный газ - газ сплошных шаров - классическая плазма - квантовая плазма.
3. Природа магнетизма. Диа, пара и ферромагнетизм. Локализованные и странствующие модели магнетизма.
4. Антиферромагнитная обменная связь в магнитных сверхрешетках. Гигантское магнитосопротивление.
5. Модель Изинга. Отсутствие фазового перехода в одномерной модели Изинга. Голдстоун моды.
6. Обобщенная модель Гейзенберга. Обмен, анизотропия, Взаимодействие Дзялошинского-Мория.
7. Аппроксимация среднего поля. Теория фазовых переходов Ландау.
8. Модели странствующего магнетизма. Хаббард, Андерсон, Александр-Андерсон Моделс.
9. Функция Грина для модели Андерсона. Плотность состояний и расчеты магнитного момента.
10. Неколлинеарный магнетизм в рамках странствующих моделей. Неколлинеарные магнитные структуры.
11. Топологические магнитные структуры. Беговая память.
12. Стабильность магнитных состояний. Теория переходного состояния.
13. Динамика магнитных состояний. Уравнение Ландау - Лифшиц - Гильберта.
14. Перспективы спинтроники.

## Plan of a course

### Структура курса

1. Magnetism at different spatial scales. Exploring of spin degrees of freedom. New magnetic states and structures : magnetics superlattices, exchange magnetic springs, skyrmions etc.
2. Hierarchy of physical models. Dimensionless parameters. Ideal gas - gas of solid balls - classical plasma - quantum plasma.
3. The nature of magnetism. Dia, para and ferromagnetism. Localized and itinerant models of magnetism.
4. Antiferromagnetic exchange coupling in magnetic superlattices. Giant magnetoresistance.
5. Ising model. Absence of phase transition in 1-dimensional Ising model. Goldstone modes.
6. Generalized Heisenberg model. Exchange, anisotropy, Dzyaloshinskii-Moriya interaction.
7. Mean field approximation. Landau theory of phase transitions.
8. Models of itinerant magnetism. Hubbard, Anderson, Alexander-Anderson Models
9. Green function for Anderson model. Density of states and magnetic moment calculations.
10. Non-collinear magnetism within the framework of itinerant models. Non-collinear magnetic structures.
11. Topological magnetic structures. Racetrack memory.
12. Stability of magnetic states. Transition state theory.
13. Dynamics of magnetic states. Landau-Lifshitz-Gilbert equation.
14. Perspectives of spintronics.

## Рекомендуемые ресурсы

### Основная:

1. С.В. Вонсовский, Магнетизм
2. А.Г. Гуревич, Г.А. Мелков, Магнитные колебания и волны

### Дополнительная:

1. Р. Уайт, Квантовая теория магнетизма
2. J. M. D. Coey, Magnetism and Magnetic Materials
3. Skyrmions. Topological Structures, Properties, and Applications, Edited by J Ping Liu  
Zhidong Zhang Guoping Zhao
4. Handbook of Magnetism and advanced magnetic materials, Ed. H. Kronmüller, S. Parkin

## Политика оценивания

Наряду изучением материала на лекциях предполагается выполнение индивидуальных проектов, включающих компьютерное моделирование, аналитические и численные расчеты, а также доклады-презентации с представлением результатов. На финальную оценку влияют как результат экзамена, так и результаты работы по проектам.