Микромагнетизм

Lecturers:
Николай Хохлов

Language:
Русский

Credit points:
3 з.е.

Monitoring type:
Экзамен

Educational Program:
Фотоника и спинтроника
3-й семестр

Prerequisites:
Магнетизм конденсированных сред и наноструктур
Численные методы

Lectures (a.h)*	Practice (a.h)	Labs (a.h)
14	12	0
*1 academic hour = 45 minutes		

Точное теоретическое описание магнитных свойств микро- и нано- структур возможно только для объектов относительно простой формы. В последние два десятилетия активно развиваются численные методы микромагнитного моделирования, используемые для исследования магнитных свойств структур со сложной геометрией. Целью данного курса является дать студенту базовые знания в области теоретической микромагнетики и численных методов, используемых в микромагнетизме. Помимо лекций в курсе предусмотрены лабораторные работы, посвященные практической реализации моделей, рассмотренных на лекциях. В качестве основы для практических занятий будет использован готовый свободно распространяемый пакет микромагнитного моделирования.

Course content

1. Основы микромагнетизма

Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)	Практика (ак.ч.)
1. Основы микромагнетизма		
1.1. Введение в микромагнетизм	2	
1.2. Свободная энергия магнетика	2	
1.3. Свободная энергия магнетика	2	
1.4. Характерные пространственные масштабы	2	
1.5. Квазистатические вычисления, гистерезис	2	
1.6. Моделирование динамических процессов	2	
1.7. Топологические магнитные наноструктуры	2	
2. Практические занятия		
2.1. Обзор пакета микромагнитного моделирования Boris		2
2.2. Моделирование различных типов доменных границ		2
2.3. Движение доменной границы		2
2.4. Введение магнитокристаллической анизотропии		2
2.5. Динамическое процессы. Ферромагнитный резонанс		2
2.6. Динамическое процессы. Спиновые волны		2

Recommended resources

1. В. А. Боков, Физика магентиков (Невский диалект, 2002)
2. С. Тикадзуми, Физика ферромагнетизма в 2-х томах (Мир, 1983)
3. J. Stöhr, H. Ch. Siegmann, Magnetism: From Fundamentals to Nanoscale Dynamics (SpringerVerlag, 2006)
4. А. Г. Гуревич и Г. А. Мелков, Магнитные колебания и волны, Физматлит, 1994).
5. Micromagnetism by Lukas Exl, Dieter Suess and Thomas Schrefl. https://homepage.univie.ac.at/lukas.exl/files/mic_intro.pdf
6. Kronmüller, H. (2022). General Micromagnetic Theory and Applications. In Materials Science and Technology (eds R.W. Cahn, P. Haasen and E.J. Kramer). https://doi.org/10.1002/9783527603978.mst0460
7. Serban Lepadatu, Boris Computational Spintronics, User manual, https://github.com/SerbanL/Boris2/blob/master/Manual/BorisManual-v340.pdf

Grading Policy

Оценочные средства дисциплины: конспект лекций, домашнее задание, устный зачет, экзамен.

В середине семестра проводится промежуточная аттестация в форме устного зачета, в конце семестра - экзамен, а также учитываются баллы, полученные за выполнение домашних заданий. Для допуска к устному экзамену необходимо успешно пройти промежуточную аттестацию (зачет), вести конспект лекций (min двух), и выполнить не менее 50% домашних заданий (20 из 40 баллов). Максимальное число баллов за курс – 100.

Оценка формируется исходя из количества баллов: от 71 до 100 – «отлично», от 51 до 70 – «хорошо», от 40 до 50 – «удовлетворительно».
Максимальное число баллов за ответ на экзамене – 20 (min 5)
Максимальное число баллов за дифференцированный зачет – 20 (min 10)
Максимальное число баллов за ответы на вопросы во время лекций и практических занятий, а также ведение конспекта занятий — 20 (min 5)
Максимальное число баллов за домашние задания – 40 (min 10 - за одно полностью решенное задание)
При невыполнении минимальных требований по любому из пунктов студент получает оценку «неудовлетворительно».

Тип самостоятельных заданий

Домашние задания (всего 4 задания за семестр)

ПРИМЕР ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

Тема: гистерезис тонкой полоски ферромагнитного материала

Смоделируйте петлю гистерезиса для внешнего магнитного поля, направленного в плоскости вдоль направления 10° от длинной грани прямоугольника из пермаллоя размерами 250x50x5 нм, используя полную модель микромагнетизма (модули размагничивания, обменного взаимодействия и энергии Зеемана). Получите значение коэрцитивной силы. Чтобы ускорить расчеты, смоделируйте только одну ветвь петли гистерезиса — от отрицательных значений поля до положительных. Также можно установить грубый шаг по полю при движении от отрицательного значения к нулю поля (например, 10 кА/м), затем использовать малый шаг по полю, чтобы более точно получить значение поля переключения (используйте 500А/м шаг мелкого поля). Используйте условие остановки mxh с порогом 10^{-5}.

Вычислите плотность энергии анизотропии (анизотропии формы) и получите соответствующее поле переключения, предсказанное моделью Стонера-Вольфарта. Сравните результаты численного расчета и теоретической модели.