

Кафедра общей физики МФТИ
Семестровый курс по выбору
«Введение в физику магнитного резонанса»

прочитает старший научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт» к.ф.-м.н. **С. В. Гуденко**. Лекции проходят по понедельникам в 17-05 в ауд. 512 ГК, первая лекция состоится 13 февраля 2017 г. Курс предназначен для студентов 2 - 4 курсов и является дополнением к программе V-VI семестров курса общей физики.

Программа курса

1. Основные понятия квантовой физики: экспериментальные результаты и постулаты. Волновая функция, операторы физических величин и их свойства, собственные функции и собственные значения, измерение и среднее значение. Операторы импульса, кинетической энергии, момента импульса. Соотношение неопределенностей.
2. Уравнение Шредингера в кулоновском поле. Волновые функции, уровни энергии и орбитальный момент электрона в водородоподобных атомах. Магнитный момент, гиромагнитное отношение, g-фактор. Опыт Штерна-Герлаха, спин электрона. Правила сложения угловых моментов. Полные механический и магнитный моменты электрона, формула Ланде.
3. Сложные атомы, слои и оболочки. Правило Клечковского. Правила Хунда. Термы. Связь Рассела-Саундерса (L - S -связь) и j - j -связь. Спин-орбитальное взаимодействие, тонкая структура.
4. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана. Парамагнитные вещества, магнитная восприимчивость, формула Бриллюэна, закон Кюри. Молекулярное поле Вейсса. Спонтанная намагниченность, закон Кюри-Вейсса. Магнитное упорядочение, ферро- и антиферромагнетики.
5. Движение гиромагнитного волчка в магнитном поле. Теорема Лармора. Диамагнетизм, формула Ланжевена.
6. Оболочечная модель ядра. Решение уравнение Шредингера для гармонического осциллятора. Учет спин-орбитального взаимодействия. Расчет магнитного и механического моментов ядра на примере ядер ^{14}N и ^{15}N .
7. Структура сверхтонкого взаимодействия: спин-спиновое, спин-орбитальное и Ферми-контактное взаимодействия. Расщепление уровней энергии в магнитном поле с учетом сверхтонкого взаимодействия. Правила отбора и разрешенные переходы под действием переменного электромагнитного поля. Спектры электронного и ядерного магнитных резонансов при различных соотношениях между величинами сверхтонкого взаимодействия и ядерной зеемановской энергии.
8. Элементарное условие магнитного резонанса. Поглощение энергии и спин-решеточная релаксация. Система спинов в постоянном и переменном магнитных полях. Спин-спиновая релаксация. Уравнения Блоха. Комплексная магнитная восприимчивость. Форма линий поглощения и дисперсии.
9. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Химический сдвиг. Спин-спиновое взаимодействие. Сужение линий, обусловленное движением спинов и обменным взаимодействием.
10. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Влияние кристаллических полей, тонкая и сверхтонкая структуры спектров. Спин-спиновое и спин-решеточное взаимодействие. Влияние обменного взаимодействия на форму линии.
11. Методы наблюдения магнитного резонанса. Блок-схемы типичных ЯМР- и ЭПР-спектрометров. Чувствительность и разрешающая способность. Ядерная индукция. Импульсные методы, метод спинового эха.

Литература

1. Сликтер Ч. Основы теории магнитного резонанса, М.: Мир, 1981.– 448 с.
2. Абрагам А. Ядерный магнетизм, М.: Издательство иностр. лит., 1963. – 551 с.
3. Ричардс Р. Ядерный магнитный резонанс, УФН, т. 83, № 6, 1964, с. 299 – 360.
4. Гюнтер Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР, М.: Мир, 1984. - 478 с.

5. Лундин А. Г., Зорин В. Е. Ядерный магнитный резонанс в конденсированных средах, УФН, т. 177, № 10, 2007, с. 1107 – 1132.
6. **Абрагам А., Блيني Б. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов т. 1, М.: Мир, 1972. – 652 с.**
7. С. А. Альтшулер, Б. М. Козырев, Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп, М.: Наука, 1972. – 672 с.
8. Вертц Дж., Болтон Дж. Теория и практические приложения метода ЭПР, М.: Мир, 1975. – 548 с.
9. **Киттель Ч. Введение в физику твердого тела, М.: Наука, 1978. – 791 с.**
10. Боровик Е. С., Еременко В. В., Мильнер А. С. Лекции по магнетизму, М.: Физматлит, 2005. - 510 с.
11. Кессених А. В. Открытие, исследования и применение магнитного резонанса, УФН, т. 179, № 7, 2009, с. 737 – 764.
12. **Игошин Ф. Ф., Самарский Ю. А., Ципенюк Ю. М. Лабораторный практикум по общей физике в трех томах, т. 3 Квантовая физика, М.: МФТИ, 1998, 400 с.**
13. **Гуденко С. В., Максимычев А. В., Перепухов А. М., Родин В. В. ЯМР – спектроскопия, М.: МФТИ, 2011, - 128 с.**
14. **Карлов Н. В., Кириченко Н. А. Начальные главы квантовой механики, М.: Физматлит, 2004, - 360 с.**