

## Лекция №№ 12-13-14 «Намагничивание веществ»

1. Основы классической теории намагничивания. (27.11.15), (04.12.15), (20.11.15),

Молекулярные и поверхностные токи магнетика. Магнитная проницаемость.

2. Магнитные моменты атомов. Гиромагнитное отношение.

3. Спиновый момент электрона.

4. Действие магнитного поля на электронные орбиты атомов и молекул. Ларморова прецессия электронных орбит.

5. Намагниченность магнетика. Магнитная восприимчивость. Напряженность и индукция магнитного поля в веществе.

6. Типы магнетиков.

7. Намагничивание парамагнетиков и диамагнетиков.

Соотношение между проявлением диа- и парамагнитных свойств вещества.

8. Намагничивание ферромагнетиков. Магнитный гистерезис.

9. Закон полного тока для магнитного поля в веществе.

# 1. Основы классической теории намагничивания.

## Молекулярные и поверхностные токи магнетика.

### Магнитная проницаемость.

---

■ Всякое вещество является **магнетиком**, т.е. способно под действием магнитного поля приобретать магнитный момент (**намагничиваться**).

■ Для объяснения намагничивания тел:

□ Согласно теории магнетизма Ампера в молекулах вещества циркулируют круговые токи (**молекулярные токи**). Каждый такой ток обладает магнитным моментом и создает в окружающем пространстве магнитное поле.

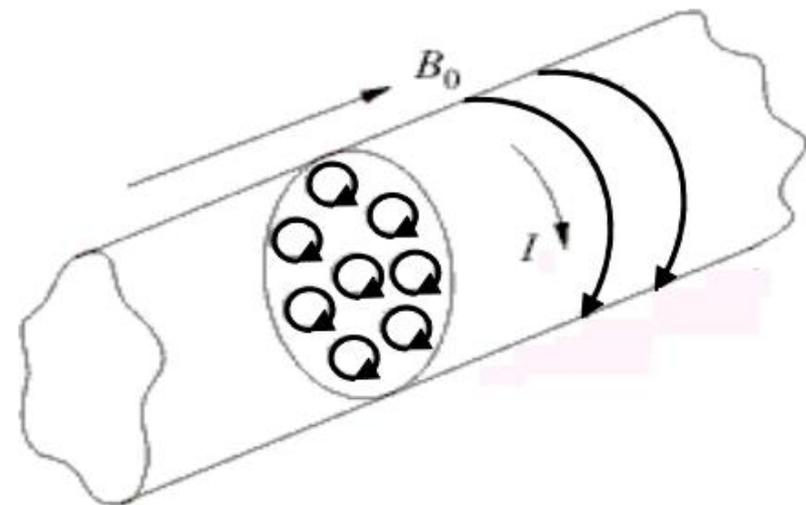
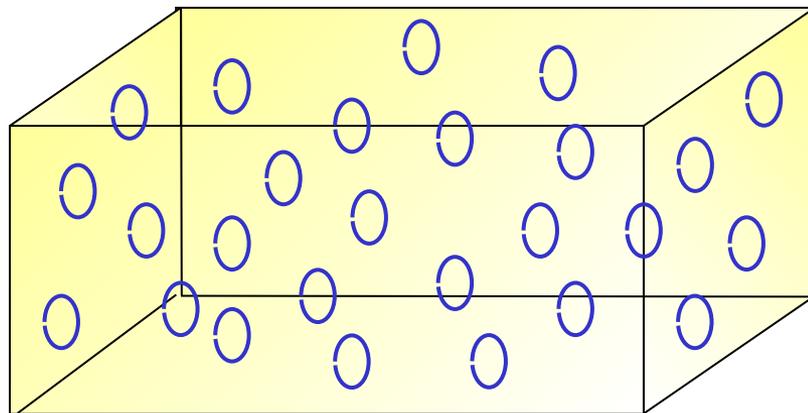
□ New: Намагничивание материалов происходит за счет токов, обусловленных вращением электронов внутри атомов – **микротоков**.

■ Пусть каждая молекула вещества характеризуется некоторым магнитным моментом

$$p_m = I_{\text{МОЛ}} S_{\text{МОЛ}} n$$

# 1. Основы классической теории намагничивания. Молекулярные и поверхностные токи магнетика. Магнитная проницаемость.

- В отсутствие внешнего магнитного поля ( $B_0 = 0$ ) молекулярные токи ориентированы беспорядочным образом, вследствие чего обусловленное ими результирующее поле равно нулю. В силу хаотической ориентации магнитных моментов отдельных молекул, суммарный магнитный момент тела  $\sum \vec{m} = 0$ .
- При наложении внешнего магнитного поля атомы стремятся сорганизоваться своими магнитными моментами по направлению внешнего магнитного поля  $B_0$ .



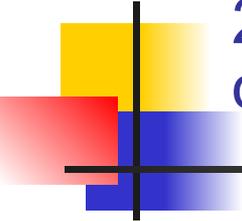
# 1. Основы классической теории намагничивания.

## Молекулярные и поверхностные токи магнетика.

### Магнитная проницаемость.

- Преимущественная ориентация элементарных токов приводит к возникновению *макроскопических токов* – **токов намагничивания (поверхностных молекулярных токов)**.
- Намагниченное вещество создает магнитное поле  $\vec{B}'$ , которое накладывается на внешнее поле  $\vec{B}_0$ .
- Оба поля в сумме дают результирующее поле:  $\vec{B} = \vec{B}' + \vec{B}_0$ .
- *Количественная характеристика, определяющая изменение поля в веществе, – магнитная проницаемость  $\mu$ , которая показывает, во сколько раз усиливается поле в магнетике.*

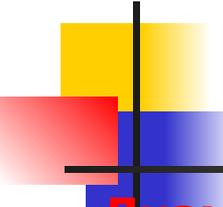
$$\mu = \frac{B}{B_0}$$



## 2. Магнитные моменты атомов. Гиромагнитное отношение.

---

- Для объяснения многих магнитных явлений можно использовать *квазиклассическую модель*: атом состоит из положительно заряженного ядра, вокруг которого вращаются электроны по круговым или эллиптическим орбитам – **планетарная модель атома** (*модель Бора*).



## 6. Типы магнетиков.

---

- **Диамагнетики** — отсутствие собственного магнитного момента (отсутствие неспаренных электронов) – Zn, Cu, Hg, Au и др. – (выталкивание из магнитного поля);
- **Парамагнетики** — наличие собственного магнитного момента (неспаренных электронов) – (втягивание в магнитное поле);
- **Ферромагнетики** — материалы, в которых собственное (внутреннее) магнитное поле может в сотни и тысячи раз превышать вызвавшее его внешнее магнитное поле. (**Доменная структура** – *малые области самопроизвольной (спонтанной) намагниченности* (неспаренные 3d- или 4f-электроны), **температура Кюри ( $T_c$ )**, выше которой материал утрачивает ферромагнитные свойства: Fe – 1043 К, Co – 1403 К, Ni – 631 К, Gd – 1980 К.
- **Антиферромагнетики** — материалы с противоположной ориентацией равных по величине магнитных моментов соседних частиц, структура сохраняется до температуры Нееля (10-650 К): NiO – 650 К; хром; оксиды, фториды, сульфаты, карбонаты железа, кобальта, никеля, марганца.

## Лекция № 14 «Электромагнитная индукция.

### Индуктивность проводников. Энергия магнитного

поля»

(04.12.15)

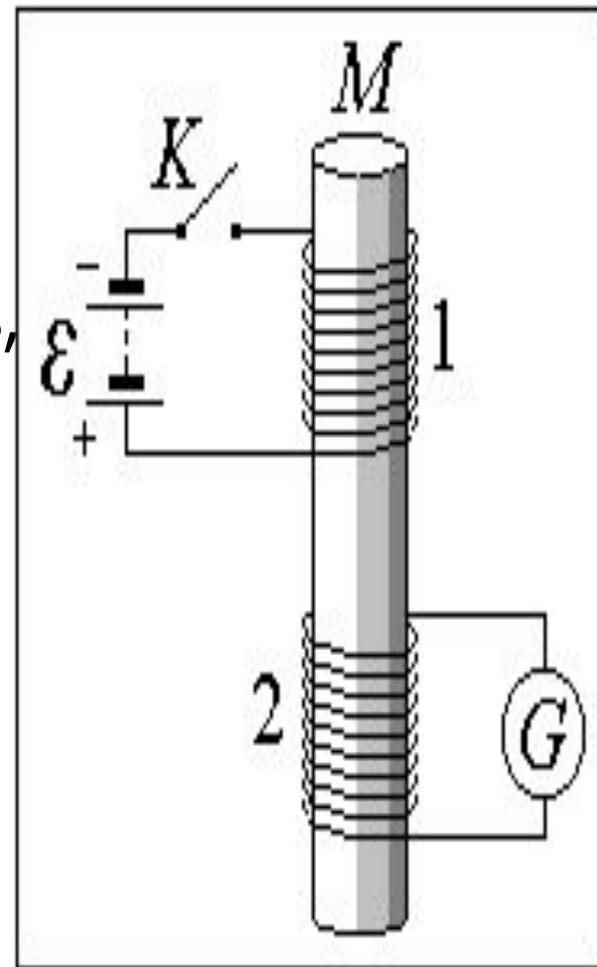
- 1. Электродвижущая сила индукции. Закон Фарадея – Ленца.
- 2. Явление самоиндукции.
- 3. Индуктивность проводника. Потокосцепление. Индуктивность соленоида.
- 4. Явление взаимной индукции.
- 5. Магнитная энергия проводника с током.
- 6. Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии

# 1. Электродвижущая сила индукции. Закон Фарадея – Ленца.

## ■ Описание **опытов М. Фарадея** :

1-й опыт: на деревянный брусок намотаны 2 Си-провода.

- Одна из проволок была соединена с гальванометром, другая – с батареей.
- При замыкании цепи наблюдалось отклонение стрелки на гальванометре, то же самое – при прекращении тока.
- При непрерывном прохождении тока через одну из спиралей стрелка не отклонялась.



# 1. Электродвижущая сила индукции. Закон Фарадея – Ленца.

2-й опыт:



