

## Семинар 9. Магнитный поток. Индуктивность

### Краткая теория

**Определения.** Магнитным потоком  $\Phi$  через площадь  $\Sigma$  называется величина:

$$\Phi = \int_{\Sigma} B_n dS .$$

Если имеется два проводящих контура с токами  $I_1$  и  $I_2$ , то отношение магнитного потока, создаваемого первым током через площадь, натянутую на второй контур, называется коэффициентом взаимной индукции этих контуров:

$$L_{21} = \frac{\Phi_{21}}{I_1}$$

Аналогично можно определить  $L_{12}$  и показать, что  $L_{12}=L_{21}$ .

Коэффициентом самоиндукции (индуктивностью) замкнутого проводящего контура называется отношения магнитного потока, создаваемого током  $I$  в этом контуре, через площадь, натянутую на этот контур:

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

Энергия магнитного поля, создаваемого контуром с током, равна:

$$W_M = \frac{LI^2}{2} = \frac{I\Phi}{2}$$

Для двух контуров с токами энергия магнитного поля равна:

$$W_M = \frac{1}{2}(I_1\Phi_1 + I_2\Phi_2) = \frac{L_1 I_1^2}{2} + L_{12} I_1 I_2 + \frac{L_2 I_2^2}{2}$$

Объёмная плотность энергии магнитного поля:

$$w_M = \frac{B^2}{2\mu_0\epsilon_0} \left( w_E = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \right)$$

Работа по перемещению проводника с током равна:

$$dA = [I d\vec{l}, \vec{B}] d\vec{r} = I [d\vec{r}, d\vec{l}] \vec{B} = I \vec{B} d\vec{S} = Id\Phi$$

### Типы задач

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. Найти индуктивность контура.         | 9.1-3, 9.7, 9.9, 9.15 |
| 2. Индуктивность соленоида.             | 9.4                   |
| 3. Найти коэффициент взаимной индукции. | 9.5-6, 9.8            |
| 4. Энергия магнитного поля.             | 9.10-12               |

### Важные примеры из книжки

Пример 9.1.

### Задачи с решениями

9.2.

$$\left\{ \begin{array}{l} B(r) = \frac{\mu_0 I}{2pr} + \frac{\mu_0 I}{2p(d-r)} \\ d\Phi = B(r) l dr \\ \Phi = \int_a^{d-a} d\Phi \end{array} \right.$$

9.5.

$$\begin{cases} B(r)2\pi r = m_0 m I \\ \Phi = N \int_{R_1}^{R_2} B(r) h dr \Rightarrow L = \frac{m_0 m N h}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1} \\ L = \frac{\Phi}{I} \end{cases}$$

9.9.

$$\begin{cases} H_1(l-d) + H_2 d = NI \\ H_1 = \frac{B}{m_0}, H_2 = \frac{B}{\mu m_0} \\ \Phi = BNS \\ L = \frac{\Phi}{I} \end{cases}$$

9.10.

9.13.

9.14.

*Задачи для самостоятельного решения*

9.1, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6., 9.7, 9.11, 9.12

*Литература*

Н.В. Нетребко, И.П. Николаев, М.С. Полякова, В.И. Шмальгаузен. Электричество и магнетизм. Практические занятия по физике для студентов-математиков. Часть III. Москва: Макс Пресс, 2006 г.