

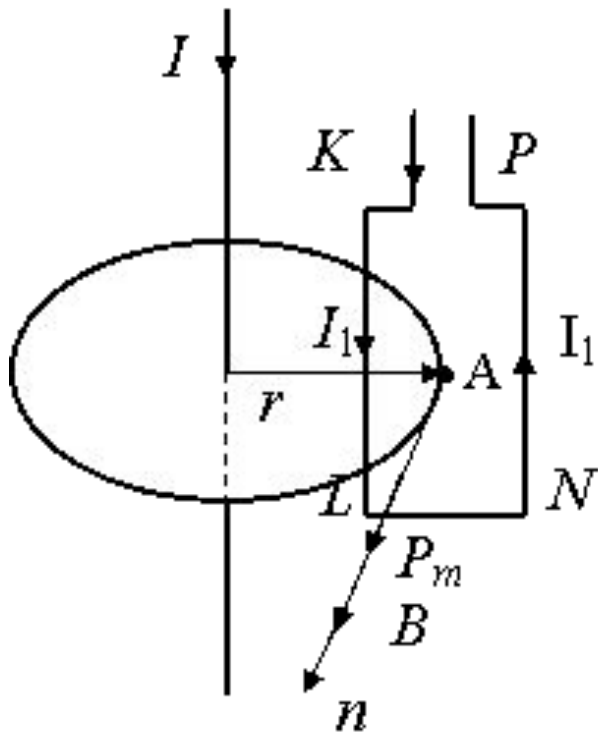
# Лекція №2

**Електромагнітна індукція.**

# План лекції

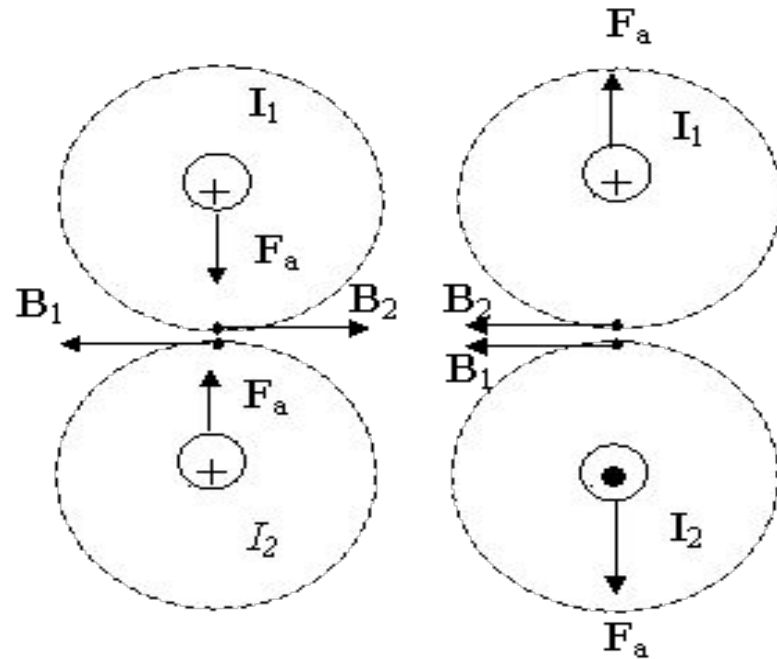
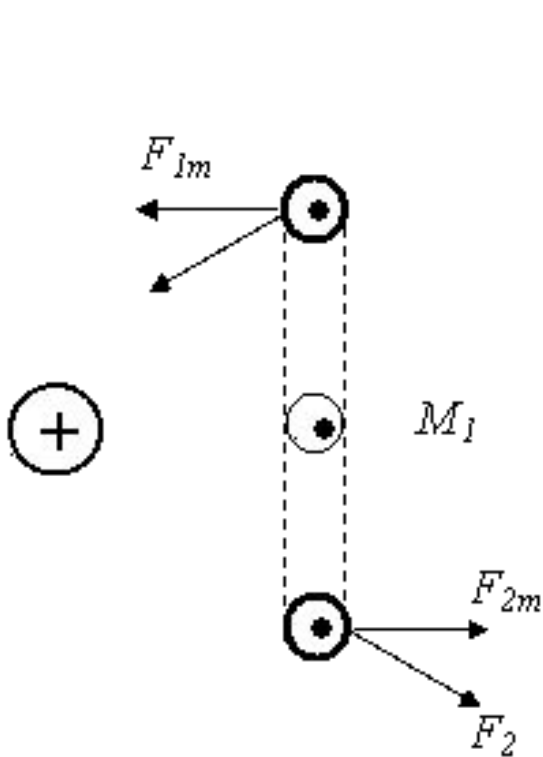
1. Закон Фарадея і його застосування.
2. Сила Лоренца.
3. Індукція. Правило Ленца.
4. Самоіндукція і її прояв.
5. Явище взаємної індукції.
6. Енергія магнітного поля

# Закон Фарадея і його застосування.



Силовою характеристикою магнітного поля є вектор магнітної індукції  $\mathbf{B}$ , який можна визначити за допомогою пробної прямокутної рамки  $KLPN$  із струмом  $I_1$ . Проведемо через точку  $A$  (центр рамки) додатну нормаль  $\mathbf{n}$  до площини, в якій лежить контур рамки. Додатний напрям нормалі збігається з поступальним рухом свердлика, якщо його рукоятку обертати в напрямі струму  $I_1$  у рамці. Нехай на ділянці  $KL$  струм  $I_1$  збігається за напрямом із струмом  $I$ , на ділянці  $NP$  – протилежний

Магнітні поля створивши суперпозицію змушують рамку обертатися.



Провідники, по яким течуть однакові струми, притягуються.

Провідники, по яким течуть різнонаправлені струми, відштовхуються.

# Аналогія для трьох полів: гравітаційного, електричного, магнітного

Параметр поля	Фізичне поле		
	Гравітаційне	Електростатичне	Магнітне
Властивість тіл, що створюють поле	Маса	Нерухомий заряд	Рухомий заряд
Пробне тіло	Матеріальна точка	Точковий заряд	Елемент струму
Характеристика поля (за властивостями тіл, що створюють поле)	$g = G \frac{M}{r^2}$	$E = k \frac{Q}{\epsilon r^2}$	-
Характеристика поля (за дією на пробне тіло)	$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{Il}$
Спосіб зображення поля	Силкові лінії	Силкові лінії	Силкові лінії
Робота сил поля	$A = mgDx$	$A = qEDx$	Не виконують

# Явище електромагнітної індукції

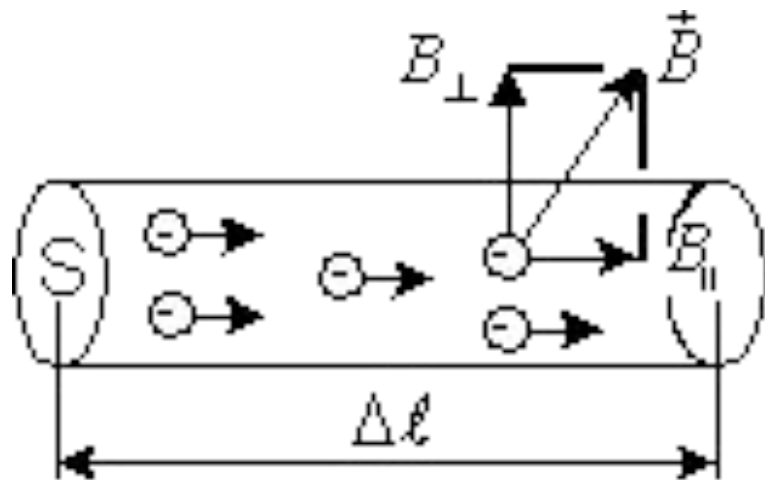
$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

- полягає у виникненні ЕРС індукції в замкненому контурі внаслідок зміни магнітного потоку через площу, обмежену цим контуром. За законом електромагнітної індукції Фарадея ЕРС індукції в замкненому контурі дорівнює швидкості зміни магнітного потоку, взятій зі знаком мінус

**Силу, яка діє на кожен рухомий заряд з боку магнітного поля, називають силою Лоренца**

$$\vec{F}_\pi = \frac{\vec{F}_A}{N} \quad (1)$$

- де  $N$  - кількість вільних носіїв заряду в провіднику



$$I = q_0 n \langle v \rangle S \quad (2)$$

$$F_A = q_0 n S \langle v \rangle \Delta l B \sin \alpha \quad (3)$$

де  $nS \Delta l = N$  - кількість вільних носіїв заряду

$$F_{\pi} = \frac{F_A}{N} = \frac{q_0 v N B \sin \alpha}{N} = |q_0| \langle v \rangle B \sin \alpha \quad (4)$$

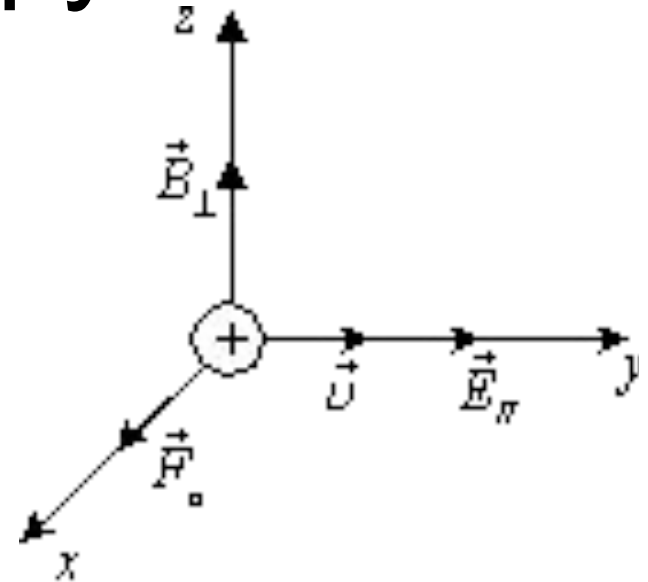
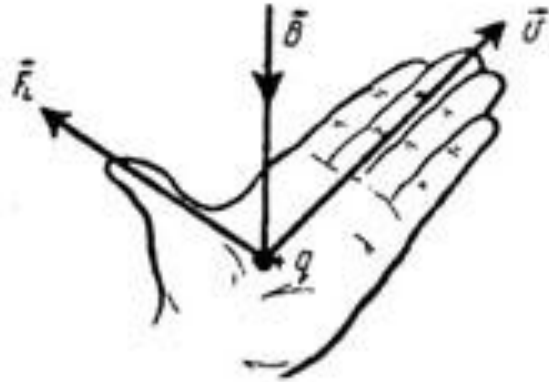
$$F_{\pi} = |q_0| v B \sin \alpha \quad (5)$$

Формула сили Лоренца

де  $\alpha$  - кут між векторами швидкості вільних носіїв заряду і магнітної індукції



# Правило лівої руки



Якщо ліву руку розмістити так, щоб складова магнітної індукції, перпендикулярна до швидкості заряду, входила у долоню, а чотири пальці були напрямлені за рухом позитивного заряду (проти руху негативного), то відігнутий на  $90^\circ$  великий палець покаже напрям сили Лоренца  $F_L$ , що діє на заряд.

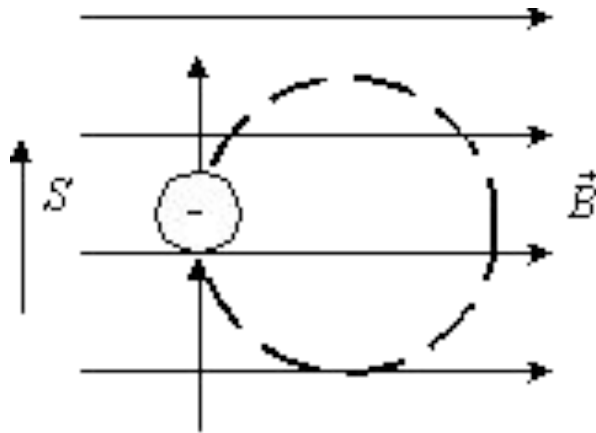


Рис.1

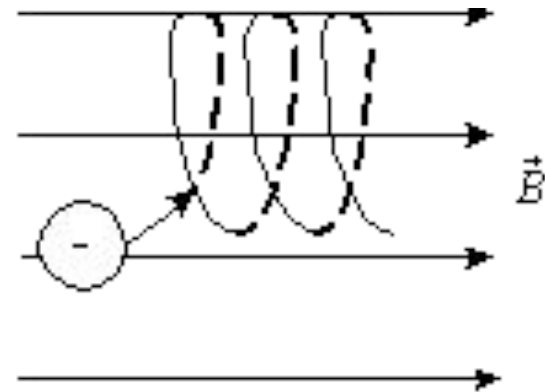


Рис.2

Якщо частинка влітає перпендикулярно до вектора магнітної індукції, то в магнітному полі вона буде рухатися по колу (рис.1).

Якщо частинка влітає під кутом  $\alpha < \frac{\pi}{2}$ , то вона далі в

магнітному полі буде рухатися по спіралі (рис.2).

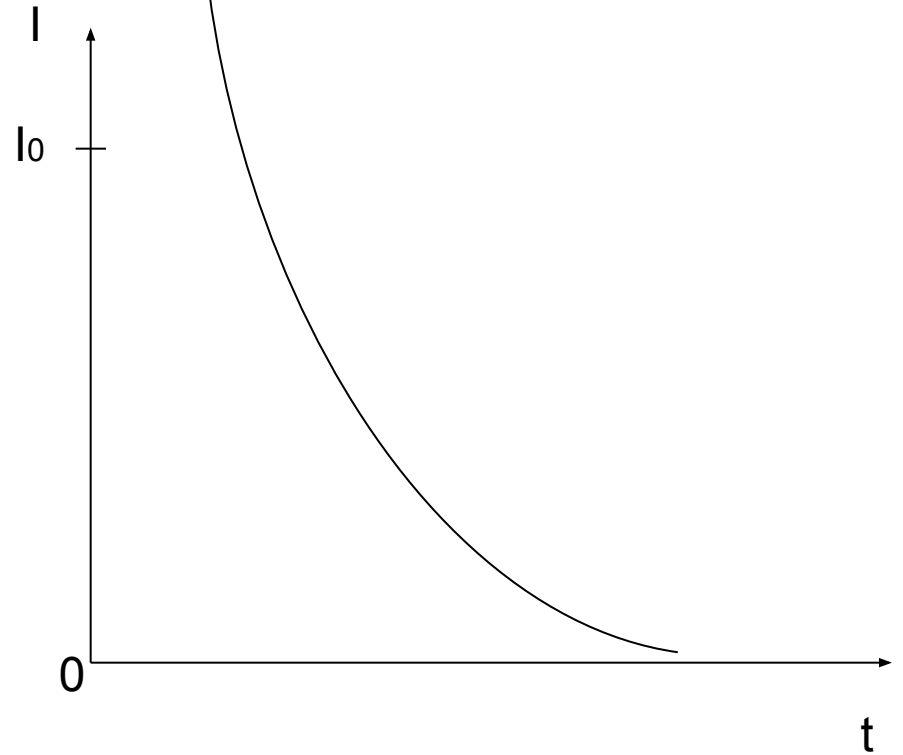
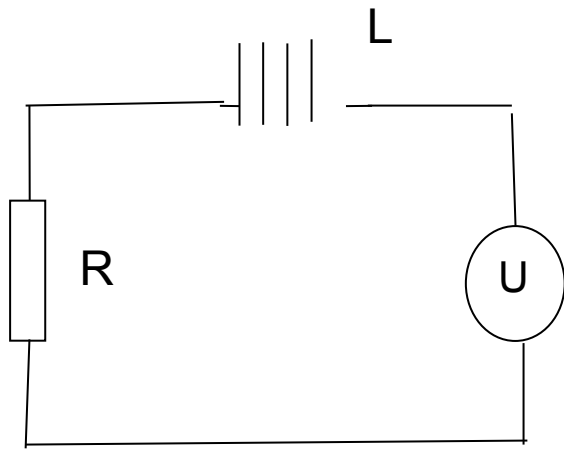
# Самоіндукція

$$\Phi = LI$$

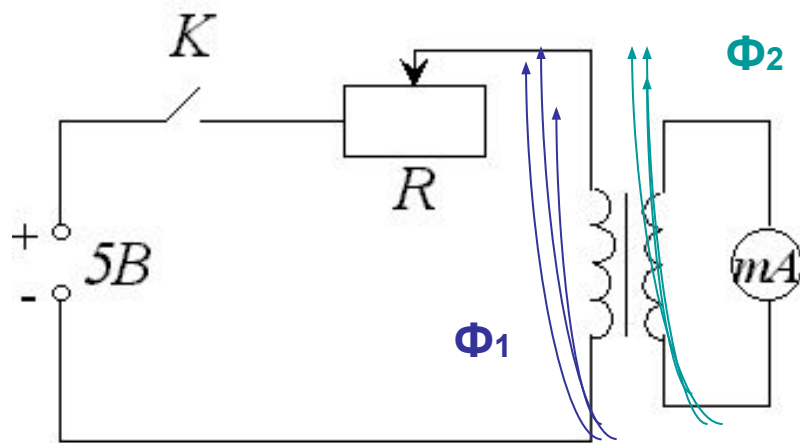
- L індуктивність контура

$$\varepsilon_{ci} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

# Прояв самоіндукції



# Явище взаємної індукції



$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$$

$$\varepsilon_{i1} = -\frac{d\Phi_1}{dt} = -\left(L_{11}\frac{dI_1}{dt} + L_{12}\frac{dI_2}{dt}\right)$$

$$\varepsilon_{i2} = -\frac{d\Phi_2}{dt} = -\left(L_{22}\frac{dI_2}{dt} + L_{21}\frac{dI_1}{dt}\right)$$

$$L_{12} = \mu\mu_0 \frac{N_1 N_2}{\square} S$$

Коефіцієнт взаємної індукції

# Енергія магнітного поля

Енергія магнітного поля струму дорівнює роботі, яку має виконати джерело, щоб створити цей струм.

$$W_{\text{м}} = \frac{LI^2}{2}$$

$$\omega = \frac{1}{2} \overline{\mathbf{B} \mathbf{H}} = \frac{1}{2} \mu_0 H^2 = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

Об'ємна густина енергії магнітного поля

# Самостійна робота до лекції

1. Пояснити явище зростання індукційного струму в досліді Фарадея.
2. Чому стрілки при внесенні і при винесенні постійного магніту з котушки відхиляються у протилежних напрямках?
3. Будова і принцип дії динамомашини.
4. Будова і принцип дії трансформаторів.