

# Магнітне поле у вакуумі

Лекції з електрики та магнетизму

Пономаренко С. М.



# Означення

**Магнітним полем** називається силове поле, що **діє на рухомі заряди** і як наслідок — на електричні струми і на тіла, які мають магнітний момент.

Магнітне поле створюється рухомими зарядами (електричним струмом). Незмінні в часі струми створюють постійні магнітні поля.

## Характеристика магнітного поля

Магнітних зарядів (магнітних монополів) у в природі немає (експериментальний факт). Характеристику магнітного поля, аналогічно до  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$  ввести не можна. Однак в природі є магнітні диполі (магнітна стрілка, коловий виток зі струмом тощо), тому використовуючи аналогію з моментом сил, що діє на електричний диполь в електричному полі  $\vec{M} = [\vec{p}_e \times \vec{E}]$ , можна ввести характеристику магнітного поля:

$$\vec{M} = [\vec{p}_m \times \vec{B}], \quad M_{\max} = p_m B$$

Характеристику магнітного поля, вектор  $\vec{B}$ , по історичним причинам називають не **напруженістю**, а **індукцією** магнітного поля.

Величина вектора індукції чисельно дорівнює максимальному обертовому моменту, що діє на одиничний магнітний момент вміщений у магнітне поле:

$$B = \frac{M_{\max}}{p_m}.$$

# Характеристика магнітного поля

Магнітних зарядів (магнітних монополів) у в природі немає (експериментальний факт). Характеристику магнітного поля, аналогічно до  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$  ввести не можна. Однак в природі є магнітні диполі (магнітна стрілка, коловий виток зі струмом тощо), тому використовуючи аналогію з моментом сил, що діє на електричний диполь в електричному полі  $\vec{M} = [\vec{p}_e \times \vec{E}]$ , можна ввести характеристику магнітного поля:

$$\vec{M} = [\vec{p}_m \times \vec{B}], \quad M_{\max} = p_m B$$

Характеристику магнітного поля, вектор  $\vec{B}$ , по історичним причинам називають не **напруженістю**, а **індукцією** магнітного поля.

В гауссовій системі одиниць величину магнітного поля називають Гауссом (Гс). С системі СІ Теслою (Тл):

$$1 \text{ Тл} = 10^4 \text{ Гс.}$$

## Сила Лоренца та сила Ампера

Магнітною складовою сили Лоренца називається сила, що діє на рухомий заряд  $q$  з боку магнітного поля:

$$\vec{F} = q \left[ \frac{\vec{v}}{c} \times \vec{B} \right].$$

Повна сила (власне і є сила Лоренца), що діє на заряд, включає також силу з боку електричного поля:

$$\vec{F} = q \left( \vec{E} + \left[ \frac{\vec{v}}{c} \times \vec{B} \right] \right).$$

**Силою Ампера** називають силу, що діє на струми з боку магнітного поля:

$$d\vec{F} = \frac{1}{c} \left[ \vec{j} dV \times \vec{B} \right],$$

де  $\vec{j} dV$  — називається об'ємним **елементом струму**, а добуток  $I d\vec{\ell}$  — лінійним елементом струму.

# Зв'язок сили Лоренца та сили Ампера

Сила Лоренца, що діє на заряд  $dq$ , дорівнює

$$\vec{F} = \left[ \frac{dq\vec{v}}{c} \times \vec{B} \right].$$

Оскільки  $dq\vec{v} = \rho\vec{v}dV = \vec{j}dV$ , то одразу отримуємо силу Ампера, що діє на об'ємний елемент струму:

$$d\vec{F} = \frac{1}{c} \left[ \vec{j}dV \times \vec{B} \right].$$

# Закон Біо-Савара-Лапласа

Закон Біо-Савара встановлено експериментально (1820 р.) шляхом аналізу експериментальних даних і **визначає магнітне поле, що створюється елементом струму.**