

Тема 2. Сила Ампера, сила Лоренца.

Оглавление

Сила Ампера	1
Напрямок сили Ампера.....	1
Взаємодія паралельних провідників зі струмами.....	2
Магнітне поле струмів.	2
Магнітний момент.....	3
Механічний (обертальний) момент,	3
Сила Лоренца	3
Правило лівої руки	4

Сила Ампера

Сила Ампера – це сила, що діє з боку магнітного поля на окрему ділянку dl провідника зі струмом I , що поміщений у магнітне поле:

Сила, що діє на провідник зі струмом в магнітному полі (закон Ампера):

$$\vec{F} = I[\vec{l} \times \vec{B}] \text{ або } F = IBl \sin \alpha ,$$

де l – довжина провідника; α – кут між напрямком струму в провіднику та вектором магнітної індукції $\vec{B}$. Цей вираз дійсний для однорідного магнітного поля та прямого відрізка провідника. Коли поле неоднорідне і провідник не є прямим, то закон Ампера можна застосувати до кожного елемента провідника окремо:

$$d\vec{F}_A = I[d\vec{l} \times \vec{B}] \text{ або} \quad (10)$$

$$dF_A = Bldl \sin \alpha , \quad (11)$$

де α – кут між вектором $d\vec{l}$ і $\vec{B}$; напрямок вектора $d\vec{l}$ збігається з напрямком струму I в провіднику, а його модуль є нескінченно мала довжина провідника.

Напрямок сили Ампера

Напрямок сили Ампера визначається за правилом лівої руки, яке є наслідком правила векторного добутку (рис. 3).

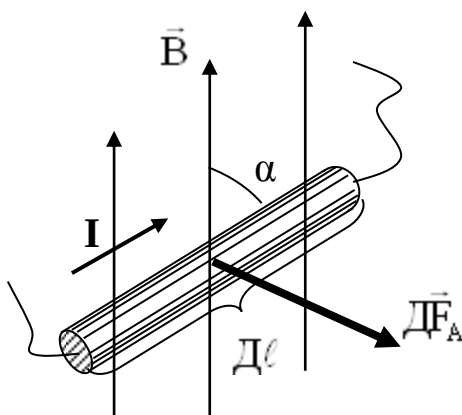


Рис. 3

Визначити індукцію магнітного поля B у будь-якій точці можна із закону Ампера, аналогічно (1):

$$B = \frac{F_A^{\max}}{l}. \quad (12)$$

Взаємодія паралельних провідників зі струмами

Два електричних струми I_1 і I_2 взаємодіють між собою. Ця взаємодія здійснюється через магнітне поле. Сила F , з якою взаємодіють два паралельних струми I_1 та I_2 , прямо пропорційна добутку сил струмів, довжині l взаємодіючих провідників і обернено пропорційна відстані між ними:

$$F = k \frac{2 I_1 I_2 l}{d}, \quad (13)$$

де k — коефіцієнт пропорційності, який залежить від вибору одиниць вимірювання і магнітних властивостей середовища, в якому здійснюється взаємодія. Для вакууму k визначається експериментально і у СІ його зручно записати так:

$$k = \frac{\mu_0}{4\pi},$$

де $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнітна стала. Тому для сили взаємодії паралельних провідників зі струмами

$$F = \frac{\mu \mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}, \quad (14)$$

де d — відстань між провідниками.

Магнітне поле струмів.

Закон повного струму у вакуумі для магнітного поля

В основу сучасних методів розрахунку магнітних полів постійних струмів покладена теорема про циркуляцію вектора індукції (**закон повного струму**).

Циркуляція вектора магнітної індукції $\vec{B}$ по довільному замкненому контуру l дорівнює добутку магнітної сталої μ_0 на алгебричну суму струмів, охоплених цим контуром:

$$\oint_l \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_i I_i . \quad (15)$$

Цей закон є аналогом теореми Гауса для електростатичного поля.

Магнітний момент

плоского контуру зі струмом:

$$\vec{p}_m = \vec{n} IS , \quad (16)$$

де $\vec{n}$ – одиничний вектор нормалі (позитивний) до площини контуру; I – сила струму, яка протікає по контуру; S – площа контуру.

Механічний (обертальний) момент,

який діє на контур зі струмом, що поміщений в однорідне магнітне поле:

$$M = [\vec{p}_m \times \vec{B}], \text{ або } M = p_m B \sin \alpha , \quad (17)$$

де α – кут між векторами $\vec{p}_m$ і $\vec{B}$.

Потенціальна (механічна) енергія контуру зі струмом у магнітному полі, або точніше – частина повної потенціальної енергії, яка обумовлена наявністю механічного (обертального) моменту:

$$\Pi_{\text{мех}} = - \vec{p}_m \vec{B} , \quad \text{або} \quad \Pi_{\text{мех}} = - p_m B \cos \alpha . \quad (18)$$

Відношення магнітного моменту p_m до механічного L моменту імпульсу зарядженої частинки, яка рухається по коловій орбіті:

$$\frac{p_m}{L} = \frac{1}{2} \frac{q}{m} , \quad (19)$$

де q – заряд частинки; m – маса частинки.

Сила Лоренца

– це сила, яка діє з боку магнітного поля з індукцією $\vec{B}$ на частинку, що рухається в цьому полі зі швидкістю $\vec{v}$ і має електричний заряд q , і визначається за формулою:

$$\vec{F}_L = q [\vec{v} \times \vec{B}] . \quad (21)$$

Модуль сили Лоренца визначається за формулою:

$$F_{\text{л}} = q v B \sin \alpha , \quad (20)$$

де α – кут між векторами $\vec{v}$ і $\vec{B}$.

Правило лівої руки

Напрямок сили $\vec{F}_{\text{л}}$ визначається за правилом лівої руки: лінії вектора магнітної індукції $\vec{B}$ входять у долоню, чотири пальці збігаються з напрямком вектора швидкості $\vec{v}$ для позитивних зарядів ($q > 0$), у протилежному напрямку для негативних зарядів ($q < 0$), відігнутий великий палець вказує напрямок сили Лоренца (рис. 4).

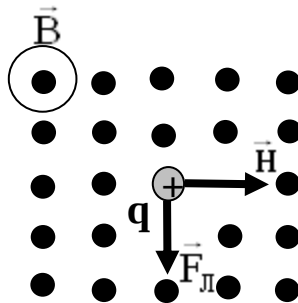


Рис. 4

Сила Лоренца завжди перпендикулярна до швидкості руху, отже вона змінює тільки напрямок швидкості частинки. Сила Лоренца роботи не виконує. Під дією сили Лоренца траєкторія викривляється.

Коли частинка знаходиться одночасно в електричному та магнітному полях, то під силою Лоренца (називають ще й узагальненою силою Лоренца) розуміють вираз:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v} \times \vec{B}] . \quad (22)$$