

§ 24. МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИНИ. ДІА-, ПАРА- ТА ФЕРОМАГНЕТИКИ



Магнітне поле створюється не тільки рухомими електричними зарядами, але й намагніченими тілами. Засновник теорії магнетизму *А. Ампер* вважав, що магнітні властивості тіл зумовлені замкненими електричними струмами всередині цих тіл. Чи так це?



Як середовище впливає на магнітне поле

Ви вже знаєте, що напруженість електричного поля в середовищі завжди менша, ніж у вакуумі. Середовище чинить вплив і на магнітне поле: будь-яка речовина, поміщена в магнітне поле, намагнічується, тобто створює власне магнітне поле.

★ *Фізична величина, яка характеризує явище намагнічування, називається намагніченістю J :*

$$J = B - B_0 = \mu B_0 - B_0 = B_0 (\mu - 1),$$

де $B = \mu B_0$ — магнітна індукція магнітного поля в речовині; B_0 — магнітна індукція магнітного поля у вакуумі; μ — відносна магнітна проникність середовища.★

Відносна магнітна проникність середовища μ — це фізична величина, яка характеризує магнітні властивості середовища та дорівнює відношенню магнітної індукції B магнітного поля в речовині до магнітної індукції B_0 магнітного поля у вакуумі:

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

За значенням відносної магнітної проникності речовини поділяють на *слабомагнітні* та *сильномагнітні*. У *слабомагнітних* речовин значення μ незначно відрізняється від одиниці: якщо $\mu \leq 1$, такі речовини називають *діамагнетиками*; якщо $\mu \geq 1$ — *парамагнетиками*. У *сильномагнітних* речовин значення μ значно більше за одиницю ($\mu \gg 1$), і їх називають *феромагнетиками*.

До *діамагнетиків* належать інертні гази (гелій, неон тощо), багато металів (золото, цинк, мідь, ртуть, срібло), молекулярний азот, вода та ін. Відносна магнітна проникність діамагнетиків не залежить від температури. Якщо діамагнітну речовину помістити в магнітне поле, то вона буде виштовхуватися з поля, тобто рухатися в бік зменшення магнітної індукції. Цікаво, що людина в магнітному полі поводить як діамагнетик, бо майже на 70 % складається з води.

До *парамагнетиків* належать кисень, платина, алюміній, лужні, лужноземельні метали та ін. Відносна магнітна проникність парамагнетиків зменшується зі збільшенням температури. Якщо парамагнітну речовину помістити в магнітне поле, то вона буде втягуватися в поле, тобто рухатися в бік збільшення магнітної індукції.

До *феромагнетиків* належить порівняно невелика група речовин: залізо, нікель, кобальт, рідкоземельні речовини та ряд сплавів. Магнітна індукція магнітного поля всередині феромагнетиків у сотні й тисячі разів більша, ніж магнітна індукція зовнішнього магнітного поля, тобто поля, яке спричинило намагнічування. Феромагнетики, як і парамагнетики, втягуються в магнітне поле. При досягненні певної температури, яку називають *температурою Кюрі* (див. таблицю), феромагнітні властивості речовини зникають і вона стає парамагнетиком.

Феромагнітні матеріали, які легко намагнічуються, називають *м'якими магнітними матеріалами*. Вони застосовуються для виготовлення осердь електромагнітів, генераторів,

Температура Кюрі
деяких речовин

Речовина	T (K)
Co	1388
Fe	1043
MgOFe_2O_3	713
Ni	627
MnB	578
Gd	292
Au_2MnAl	200

двигунів, трансформаторів, тобто пристроїв, осердя яких під час роботи постійно перемагнічуються.

Феромагнітні матеріали, на намагнічення (розмагнічення) яких потрібно витратити значну енергію і які залишаються намагніченими довгий час, називають *жорсткими магнітними матеріалами*. Вони застосовуються для виготовлення постійних магнітів, плівок для магнітного запису інформації тощо.



2 Що таке магнітний момент

Магнітний момент \vec{p}_m — це векторна фізична величина, що чисельно дорівнює добуткові сили струму I , який тече по контуру, на площу S контуру:

$$p_m = IS$$

Напрямок вектора магнітного моменту визначають за *правилом правої руки* (або за *правилом свердлика*).

Невеликий виток зі струмом установлюється в магнітному полі таким чином, що напрямок магнітного моменту витка збігається з напрямком вектора \vec{B}_0 магнітної індукції магнітного поля (рис. 24.1).

Частинки, які входять до складу атома (електрони, протони та нейтрони), мають *власні магнітні моменти* \vec{p}_m , причому вони не зумовлені наявністю струму, а є характеристикою частинки (так само як маса та електричний заряд). Власні магнітні моменти частинок створюють *власний магнітний момент атома або молекули*.

Атоми (молекули) *діамагнітних* речовин не мають власних магнітних моментів, намагніченість таких речовин пояснюється *наведеними магнітними моментами*, які створюються в частинках речовини під впливом зовнішнього магнітного поля і напрямлені проти магнітної індукції цього поля.

Атоми й молекули *парамагнітних* та *феромагнітних* речовин мають власні магнітні моменти. До того ж будь-яке *феромагнітне* тіло складається з *доменів* — макроскопічних ділянок із лінійними розмірами $10^{-2} \dots 10^{-3}$ см, в яких власні магнітні моменти сусідніх йонів паралельні один одному, а отже, домени мають *власну намагніченість*. Якщо парамагнітні або феромагнітні речовини помістити в магнітне поле, то частинки парамагнетика (або домени феромагнетика) починають орієнтуватися так, що їх магнітні моменти спрямовуються за напрямком зовнішнього магнітного поля (аналогічно тому, як орієнтується в магнітному полі виток зі струмом), — речовина намагнічується. ★

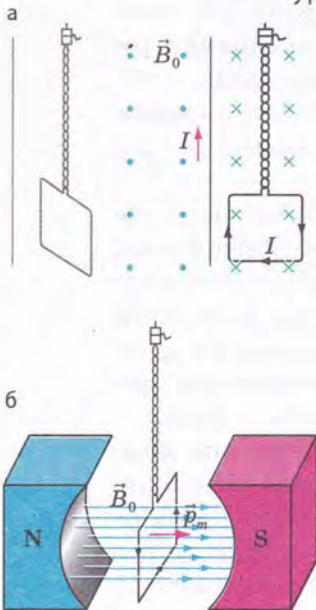


Рис. 24.1. Орієнтація витка зі струмом в магнітному полі провідника зі струмом (а); постійного магніту (б)



Підбиваємо підсумки

Фізична величина, яка характеризує магнітні властивості середовища, називається відносною магнітною проникністю середовища: $\mu = B/B_0$.

За значенням μ речовини поділяють на слабо- та сильномагнітні. У слабомагнітних речовин значення μ незначно відрізняється від одиниці: якщо $\mu \leq 1$, то такі речовини називають діамагнетиками; якщо $\mu \geq 1$ — парамагнетиками. У сильномагнітних речовин (феромагнетиків) значення μ значно більше за одиницю ($\mu \gg 1$).



Контрольні запитання

1. Дайте визначення відносної магнітної проникності середовища. 2. Що таке намагніченість? 3. Наведіть приклади речовин, які є діамагнетиками, парамагнетиками та феромагнетиками. Як відбувається їх намагнічування? 4. Де застосовують м'які магнітні матеріали? жорсткі магнітні матеріали?