

Магнітне поле

Раніше було розглянуто електростатичне поле у вакуумі та в діелектрику, і його дію на заряджені нерухомі частинки, а також — електричне поле в провідниках, в яких під його дією виникає постійний струм. Тепер розглянемо властивість електричного струму — збуджувати у навколишньому середовищі магнітне поле. Як і електричне, магнітне поле визначається силовим впливом. Електричне поле, яке виникло завдяки електричним зарядам q , має силовий вплив на інші заряди q_k , де $k = 1, 2, \dots, n$. Тобто взаємодіють подібні субстанції (заряд із зарядом). Магнітне поле виникає завдяки руху електричних зарядів, а саме — струму I . Тоді, згідно з постулатом, що *подібне взаємодіє з подібним*, можна очікувати на механічну взаємодію об'єктів зі струмами. Розглянемо установку (рис. 4.1), що містить котушку з проводом, гнучкий провідник зі струмом I провідності та вакуумну лампу зі струмом I перенесення електронів з катода на анод. Доки струм I_b відсутній, то гнучкий провідник і потік електронів, що перетинаються світловим екраном, утворюють у просторі прямі лінії. Якщо струм I_b є, то завдяки взаємодії його магнітного поля і струмів I він механічно впливає як на гнучкий провідник, так і на прямолінійний потік електронів у вакуумі: провідник і потік викривляються, притягуючись до соленоїда. Змінимо напрямок струму I_b на зворотний: вони відштовхуватимуться. Розірвемо коло струму I чи I_b , тоді залишиться лише кулонівська взаємодія, яка буде на кілька порядків меншою за магнітну: потік електронів у лампі і гнучкий провідник практично будуть прямолінійні. Того ж результату досягнемо, коли вакуумну лампу розташуємо на осі соленоїда. Досліди переконують у тому, що силова дія магнітного поля має конкретний напрямок: на заряд q (рис. 4.1, з), що рухається вздовж соленоїда, магнітне поле котушки не впливає, а на заряд, що рухається під кутом β до осі котушки, — впливає.

Візьмемо прямолінійний провідник зі струмом (рис. 4.2, а) чи соленоїд (рис. 4.1, а, 4.2, б) та аркуш картону. Це практично не впливає на електричне та магнітне поле. Насиплемо залізних ошурок на цей лист. При проходженні струму I ошурки під дією магнітного поля зорієнтуються, утворюючи ланцюжки силових ліній магнітного поля. На відміну від електростатичного поля (рис. 2.2), всі лінії магнітного поля замкнені. Для прямолінійного провідника — це концентричні кола, для соленоїда — **у внутрішній його частині прямі лінії**, що замикаються у зовнішній. Тому магнітне поле називають *вихровим*. У відповідних точках простору розташуємо компас. За відсутності струму стрілка компаса напрямлена на північний полюс Землі. При проходженні струму вона поступово повертає ся в напрямку силових ліній, вказуючи на умовно прийнятий напрямок вектора магнітної індукції β .

Для прямолінійного провідника, щоб визначити напрямок магнітного поля, скористаємося запропонованим Максвеллом правилом свердлика (рис. 4.2, а): *якщо свердлик з правою різьбою вгвинчувати у напрямку струму в провіднику, то напрямок обертання ручки свердлика збігається з напрямком силових ліній магнітного поля*.

Провідник, згорнутий у спіраль (рис. 4.2, б) або котушку (рис. 4.1), за наявності в ньому струму утворює сумарне від кожного витка магнітне поле, позитивний напрямок вектора B якого теж можна визначити за допомогою свердлика: *якщо напрямок струму збігається з напрямком обертання ручки свердлика, то його прямолінійний рух зійдеться з напрямком магнітного поля всередині соленоїда чи котушки*.

Досліди Ерстеда, Ейхенвальда однозначно довели наступне: *магнітне поле пов'язане з електричними зарядами, що рухаються, і впливає лише на рухомі*

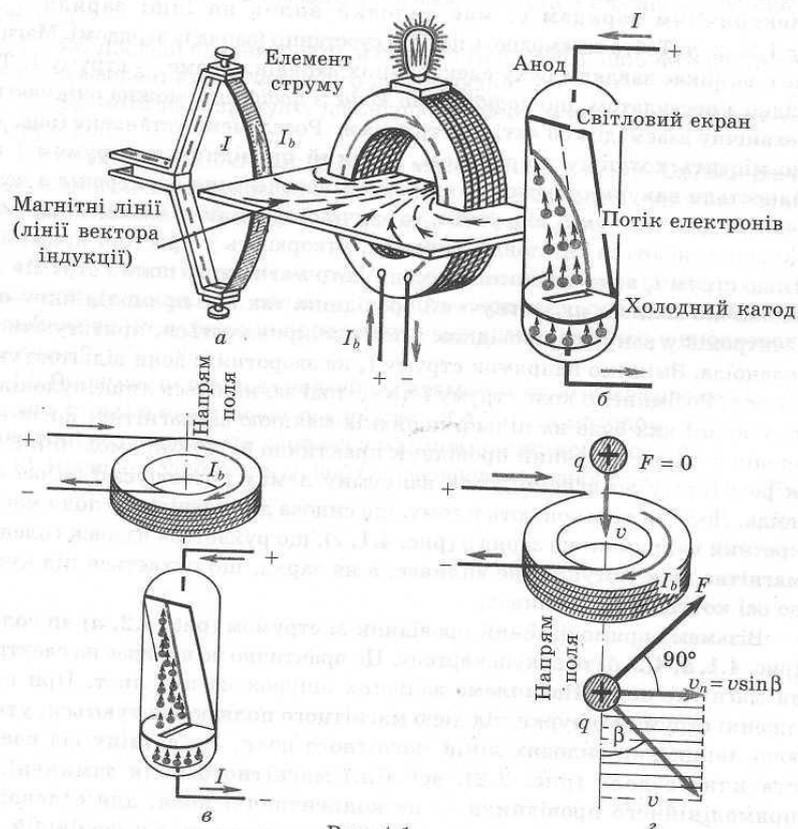
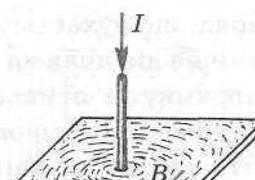
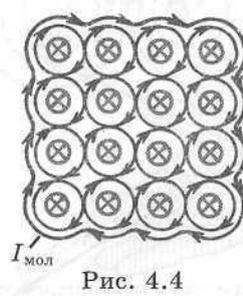
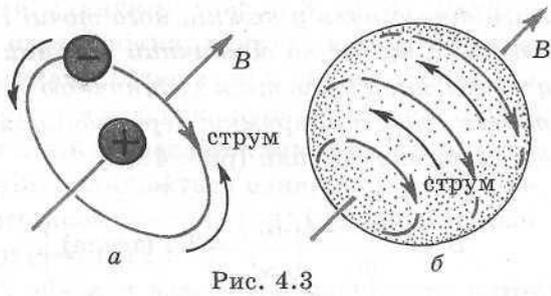


Рис. 4.1



заряди; на нерухомі заряди магнітне поле не впливає. Виходячи з цього та постулату про взаємодію лише подібних фізичних величин, слід зробити логічний висновок: у магнітній стрілці компаса та в залізних ошурках, що знаходяться у магнітному полі, існують внутрішні молекулярні струми (рис. 4.3); вони утворюються зорієнтованим у просторі рухом електронів навколо ядер (а) та навколо власної осі (б). Обертаючись в одному напрямку, ці електрони утворюють кругові молекулярні струми (рис. 4.4). Всередині тіла ці струми взаємокомпенсуються. Поверхневий молекулярний струм $I_{\text{мол}}$ утворює своє магнітне поле, яке і взаємодіє із зовнішнім. Тож намагнічений стержень буде мати магнітне поле подібне до поля соленоїда (рис. 4.2, б), бо його поверхневий молекулярний струм подібний до струму соленоїда.



Визначимо поняття магнітного поля. Це особлива форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між електрично зарядженими частинками, що рухаються.