

20.01.2023

Група 22

Фізика і астрономія

Урок 43-44

Тема: Магнітне поле

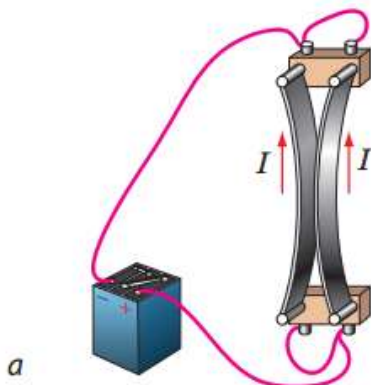
Мета:

- Повторити теоретичний матеріал; узагальнити, систематизувати та поглибити знання учнів із теми; застосувати знання з фізики під час розв'язування прикладних задач; формувати уяву про процеси у природі;
- розвивати в учнів пізнавальний інтерес, уміння використовувати набуті знання, навички й уміння в нових ситуаціях; підвищити інтерес до вивчення фізики та астрономії; розвивати абстрактне та логічне мислення;
- виховувати у учнів повагу та зацікавленість до вивчення фізики та астрономії, старанність у навчанні; сприяти розширенню кругозору учнів.

Матеріали до уроку:



**Рис. 10.1.** Дослід Ерстеда: поблизу провідника зі струмом магнітна стрілка відхиляється від напрямку «північ — південь», намагаючись розташуватися перпендикулярно до провідника



## § 10. МАГНІТНЕ ПОЛЕ

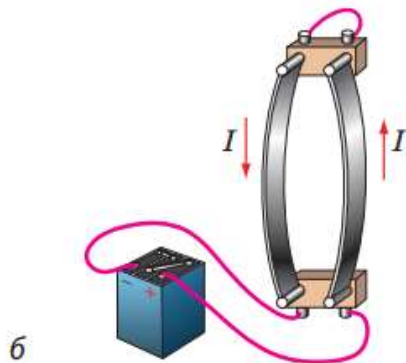
У 1813 р. данський фізик *Ганс Крістіан Ерстед* (1777–1851) писав: «Слід випробувати, чи здійснює електрика... якісь дії на магніт...». І лише взимку 1820 р. Ерстед спостерігає і досліджує явище відхилення магнітної стрілки біля провідника зі струмом (рис. 10.1). Це було першим експериментальним підтвердженням зв'язку електрики та магнетизму. Чому стрілка відхиляється? Чому розвертається, якщо змінити напрямок струму? Згадаємо.

### 1 Які об'єкти створюють магнітне поле

Ви вже добре знаєте, що навколо заряджених тіл і заряджених частинок існує *електричне поле*, через яке між ними здійснюється *електрична взаємодія*; якщо заряджені частинки рухаються, то навколо них існує також і *магнітне поле*, через яке здійснюється *магнітна взаємодія*. Сучасна фізика розглядає єдину *електромагнітну взаємодію*. Вона відбувається через *електромагнітне поле*, яке має дві складові (дві форми прояву) — *електричне поле* і *магнітне поле*. Розглянемо детальніше магнітне поле.

Візьмемо два тонкі гнучкі провідники, розташуємо паралельно один одному і пропустимо в них електричний струм — провідники притягнуться або відштовхнуться один від одного незважаючи на те, що є електрично нейтральними





**Рис. 10.2.** Схема досліду Ампера. Якщо в двох паралельних провідниках течуть струми одного напрямку, провідники притягуються (а); якщо течуть струми протилежних напрямків, провідники відштовхуються (б)

(рис. 10.2). Уперше цей дослід продемонстрував у вересні 1820 р. французький математик і фізик *Андре-Марі Ампер* (1775–1836).

Ампер був прихильником *теорії далекодії* і вважав, що взаємодія провідників зі струмом здійснюється миттєво, а навколишній простір не бере участі в цій взаємодії.

Англійський фізик *Майкл Фарадей* (1791–1867) створив *теорію близькодії*, відповідно до якої заряджені частинки, що напрямлено рухаються в кожному із двох провідників зі струмом, створюють у навколишньому просторі магнітне поле. Магнітне поле одного провідника діє на другий провідник, і навпаки. Тобто взаємодія провідників зі струмом здійснюється з певною швидкістю через *магнітне поле*.

**Магнітне поле** — це форма матерії, яка створюється намагніченими тілами, провідниками зі струмом, змінними електричними полями, рухомими зарядженими тілами і частинками. Магнітне поле виявляється в дії на інші намагнічені тіла, провідники зі струмом, рухомі заряджені тіла й частинки, розташовані в цьому полі.

## 2 Силова характеристика магнітного поля

Якщо прями́й провідник, виготовлений із немагнітного матеріалу, підвісити на проводах між полюсами постійного магніту і пропустити в провіднику струм, то провідник відхилиться. Причиною такого відхилення є *сила, яка діє на провідник зі струмом з боку магнітного поля*, — **сила Ампера**  $\vec{F}_A$  (рис. 10.3).

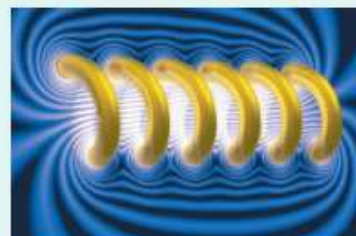
Змінюючи силу струму в провіднику, довжину активної частини провідника (тобто частини провідника, яка перебуває в магнітному полі), кут між провідником і лініями магнітної індукції магнітного поля, можна переконатися:

1) сила Ампера прямо пропорційна і силі струму  $I$ , і довжині  $l$  активної частини провідника, а отже, прямо пропорційна їх добутку:  $F \sim Il$ ;

2) сила Ампера є максимальною, якщо провідник розташований перпендикулярно до ліній магнітної індукції.

Оскільки  $F_{A\max} \sim Il$ , то для даної ділянки магнітного поля відношення  $\frac{F_{A\max}}{Il}$  не залежить ані від сили струму в провіднику, ані від довжини провідника, а залежить тільки

### Властивості магнітного поля



1. *Магнітне поле є матеріальним* — воно існує реально, незалежно від наших уявлень.

2. *Магнітне поле є складовою електромагнітного поля.*

3. *Магнітне поле створюють:*

- намагнічені тіла;
- провідники зі струмом;
- рухомі заряджені частинки і тіла;
- змінне електричне поле.

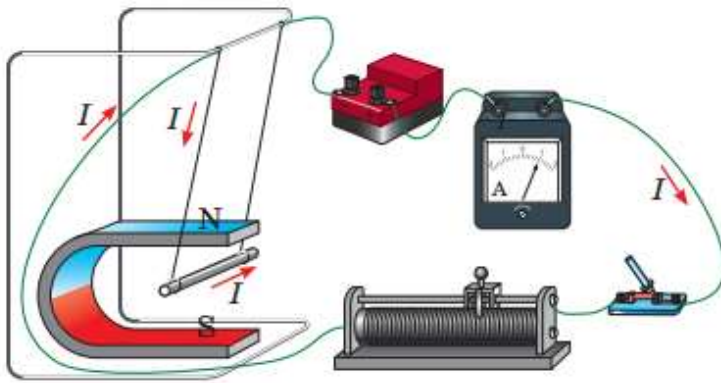
4. *Магнітне поле діє з деякою силою:*

- на заряджені тіла й частинки, що рухаються в цьому полі;
- на провідники зі струмом;
- на намагнічені тіла.

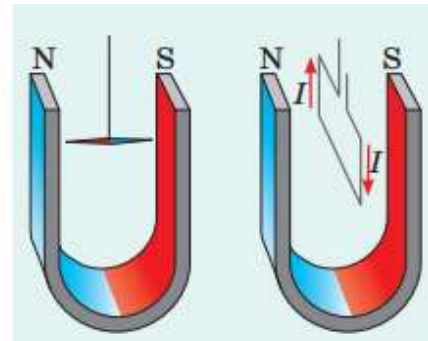
5. *Магнітне поле чинить орієнтувальну дію:*

- на магнітну стрілку;
- на рамку зі струмом.





**Рис. 10.3.** Алюмінієвий провідник відхиляється в магнітному полі постійного магніту внаслідок дії сили Ампера



**6.** Магнітне поле діє на будь-яку речовину, намагнічуючи її певним чином.

### Фізика в цифрах

#### Найпотужніші магніти

■ Серед відомих нам джерел магнітного поля найсильніше магнітне поле у Всесвіті — до  $1 \cdot 10^{11}$  Тл — мають *магнітари* (магнітні нейтронні зорі). Для порівняння: магнітна індукція магнітного поля Сонця лише 5 мТл, Землі — у 100 разів менша.

■ У серпні 1918 р. японські фізики згенерували найпотужніше штучне магнітне поле у приміщенні — 1200 Тл. Для порівняння: магнітна індукція магнітного поля, яке створюють надпровідні електромагніти Великого адронного колайдера, — 8,3 Тл.

від властивостей магнітного поля. Тому це відношення обрали за *силову характеристику магнітного поля* — вона одержала назву *магнітна індукція*.

■ **Магнітна індукція**  $\vec{B}$  — векторна фізична величина, що характеризує силову дію магнітного поля і за модулем дорівнює відношенню максимальної сили, з якою магнітне поле діє на розташований у цьому полі прямий провідник зі струмом, до добутку сили струму в провіднику і довжини активної частини провідника:

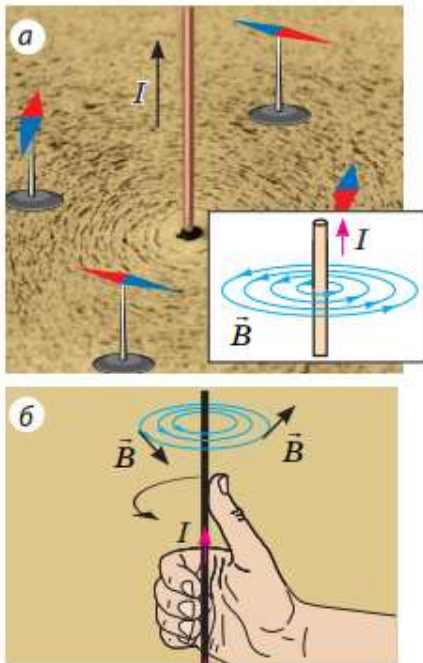
$$B = \frac{F_{A\max}}{Il}$$

Одиниця магнітної індукції в СІ — **тесла** (названа на честь сербського фізика *Ніколи Тесли* (1856–1943)):

$$[B] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = 1 \text{ Тл (Т)}.$$

**1 тесла** — це магнітна індукція такого однорідного магнітного поля, яке діє з максимальною силою 1 ньютон на провідник завдовжки 1 метр, сила струму в якому 1 ампер.





**Рис. 10.4.** Визначення напрямку магнітної індукції магнітного поля провідника зі струмом

Якщо чотири зігнуті пальці правої руки спрямувати за напрямком струму в котушці, то відігнутий на  $90^\circ$  великий палець укаже напрямку ліній магнітної індукції магнітного поля всередині котушки (рис. 10.5).

### 3 Лінії магнітної індукції

Магнітні поля не сприймаються органами чуття людини. Щоб візуалізувати магнітні поля, М. Фарадей запропонував зображувати їх у вигляді *ліній магнітної індукції*.

**Лінії магнітної індукції** — умовні напрямлені лінії, у кожній точці яких дотична збігається з лінією, уздовж якої напрямлений вектор магнітної індукції.

Лінії магнітної індукції креслять таким чином, щоб їх щільність відображала значення модуля магнітної індукції на даній ділянці магнітного поля: чим більшим є модуль магнітної індукції, тим щільніше креслять лінії. *Зверніть увагу! Лінії магнітної індукції завжди замкнені: магнітне поле — це вихрове поле.*

Якщо на певній ділянці лінії магнітної індукції паралельні та розташовані на однаковій відстані одна від одної, таке магнітне поле є *однорідним* (рис. 10.6).

Магнітне поле в певній ділянці простору є **однорідним**, якщо в кожній точці ділянки вектори магнітної індукції однакові як за модулем, так і за напрямком.

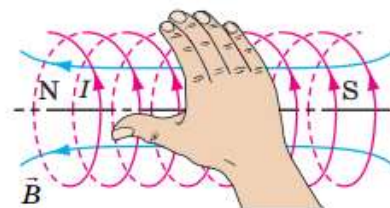
У загальному випадку *магнітне поле є неоднорідним* — у різних його точках вектори магнітної індукції мають різні значення та напрямки, тому лінії магнітної індукції зазвичай викривлені, а їхня щільність є різною.

**?** Магнітне поле діє на провідник завдовжки 10 см із максимальною силою 5 мН. Визначте магнітну індукцію цього магнітного поля, якщо сила струму в провіднику становить 2 А.

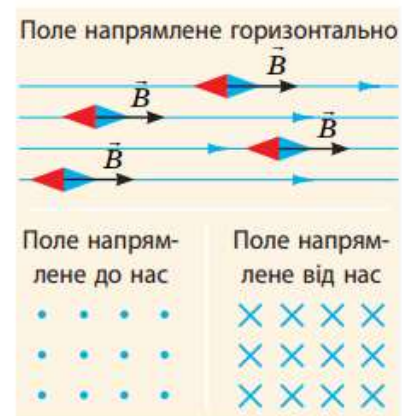
Магнітна індукція — векторна величина, тому, щоб її повністю визначити, слід знати не тільки її значення, а й напрямок. За напрямком вектора магнітної індукції в даній точці магнітного поля обрано *напрямок, у якому вказує північний полюс магнітної стрілки*, встановленої в цій точці (рис. 10.4, а).

Напрямок вектора магнітної індукції магнітного поля провідника зі струмом і котушки зі струмом визначають за допомогою **правила свердлика** або за допомогою **правої руки**:

Якщо спрямувати великий палець правої руки за напрямком струму в провіднику, то чотири зігнуті пальці вкажуть напрямку ліній магнітної індукції магнітного поля струму (рис. 10.4, б).



**Рис. 10.5.** Визначення напрямку магнітної індукції магнітного поля котушки зі струмом



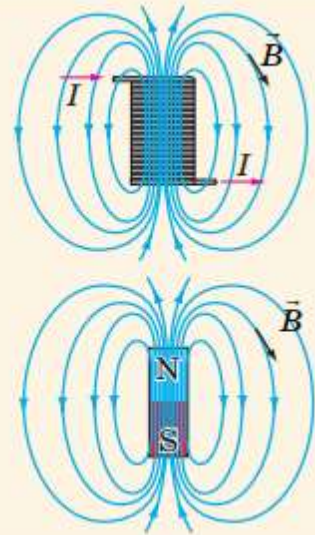
**Рис. 10.6.** Лінії магнітної індукції однорідного магнітного поля



### Магнітне поле соленоїда і штабового магніту

Соленоїд — циліндрична котушка, довжина якої значно більша за її діаметр. Конфігурації магнітних полів соленоїда і штабового магніту є однаковими.

- І соленоїд, і штабовий магніт мають два полюси — північний N і південний S. На полюсах магнітне поле є найсильнішим, тому лінії магнітної індукції розташовані найщільніше.
- Лінії магнітної індукції магнітного поля і соленоїда, і штабового магніту виходять із північного полюса і входять у південний.
- У середині і соленоїда, і магніту магнітне поле майже однорідне: лінії магнітної індукції паралельні та розташовані на однакових відстанях.



За поданими в таблиці даними складіть задачі та розв'яжіть їх.

| Довжина провідника | Сила струму в провіднику | Модуль магнітної індукції | Максимальна сила Ампера |
|--------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 2 см               |                          | 2,1 мТл                   | 0,3 мН                  |
| 5 м                | 20 А                     | 50 мкТл                   |                         |
| 10 см              | 15 А                     |                           | 45 мН                   |

2) Дано:

$$l = 5 \text{ м}$$

$$I = 20 \text{ А}$$

$$B = 50 \text{ мкТл} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$$

$$F_{\text{max}} = ?$$

$$B = \frac{F_{\text{max}}}{I l}$$

$$F_{\text{max}} = B I l$$

$$F_{\text{max}} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ Тл} \cdot 20 \text{ А} \cdot 5 \text{ м} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 5 \text{ мН}$$

Відповідь: 5 мН.

3) Дано:

$$l = 10 \text{ см} = 10 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$I = 15 \text{ А}$$

$$F_{\text{max}} = 45 \text{ мН} = 45 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

$$B = ?$$

$$B = \frac{F_{\text{max}}}{I l}$$

$$B = \frac{45 \cdot 10^{-3} \text{ Н}}{15 \text{ А} \cdot 10 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 0,03 \text{ Тл} = 0,03 \cdot 10^2 \text{ мТл} = 3 \text{ мТл}$$

Відповідь: 3 мТл.

Домашнє завдання: пройти тест за посиланням <https://forms.gle/NEM8n9VVgjh7oRjR9>.

Зворотній зв'язок:

E-mail [t.anastasia.igorivna@gmail.com](mailto:t.anastasia.igorivna@gmail.com)