Урок 21 Сила Ампера

Мета уроку:

Навчальна: Поглибити знання учнів про магнітне поле; формувати знання про дію магнітного поля на провідник зі струмом, про будову та принцип дії електродвигуна, електродинамічного гучномовця, амперметра, вольтметра магнітоелектричної та електродинамічної систем.

Розвивальна. Розвивати вміння узагальнювати і систематизувати знання; з метою розвитку мислення розвивати вміння: пояснювати подібні матеріали; виявляти аналогії; розкривати загальне і конкретне; встановлювати закономірності; встановлювати головне, суттєве у матеріалі, що вивчається.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник, амперметр, вольтметр демонстраційний, гучномовець, електродвигун.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Який принцип роботи електричного двигуна?

Який принцип роботи електровимірювальних приладів?

Як працюють ваші навушники?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

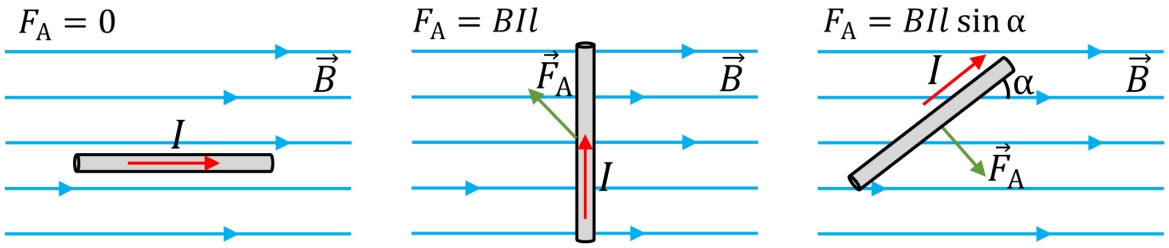
1. Сила Ампера

Восени 1820 р. *Андре Марі Ампер* (1775-1836), досліджуючи дію магнітного поля на провідники різних форм і розмірів, отримав формулу для визначення сили, що діє на окрему невелику ділянку провідника (на елемент струму). Зараз цю силу називають *силою Ампера*.

Сила Ампера $\vec{F}_A$ – це сила, з якою магнітне поле діє на провідник зі струмом

$$F_A = BIl \sin sin \alpha$$

F_A – сила Ампера; B – магнітна індукція поля, в якому розташований провідник; I – сила струму в провіднику; l – довжина активної частини провідника (тобто частини провідника, розташованої в магнітному полі); α – кут між вектором магнітної індукції і напрямком струму.



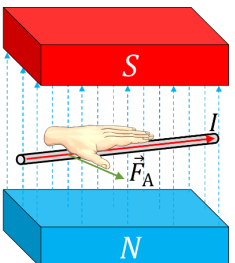
• Провідник розташований паралельно лініям магнітної індукції – *магнітне поле на провідник не діє:* $F_A = 0$

• Провідник розташований перпендикулярно до ліній магнітної індукції – *сила Ампера є максимальною:* $F_A = BIl$

• У загальному випадку силу Ампера визначають за формулою: $F_A = BIl \sin sin \alpha$

Проблемне питання

• Як визначити напрямок сили Ампера?



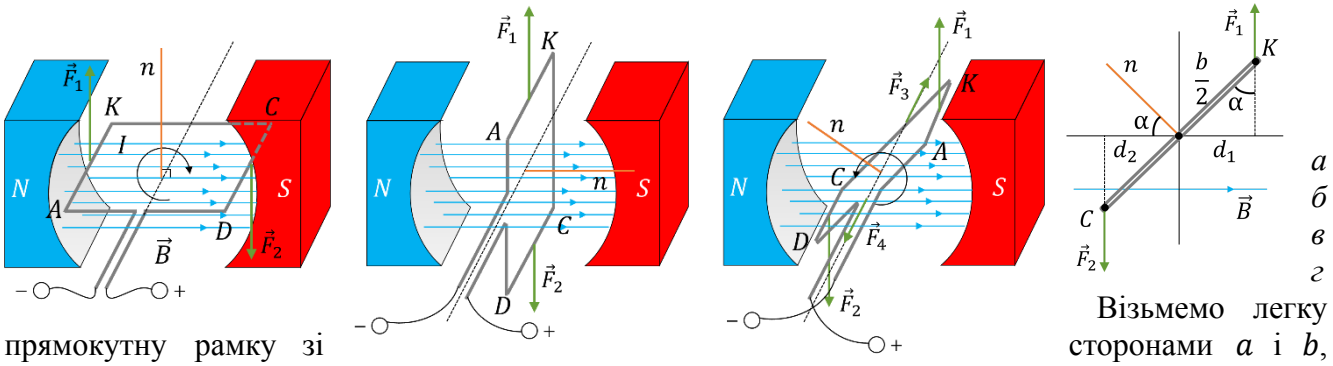
Правило лівої руки:

Якщо ліву руку розташувати так, щоб лінії магнітної індукції входили в долоню, а чотири витягнуті пальці вказували напрямок струму в провіднику, то відігнутий на 90° великий палець укаже напрямок сили Ампера.

2. Дія магнітного поля на рамку зі струмом

Проблемне питання

• Як поводитиметься в магнітному полі рамка зі струмом?



Візьмемо легку прямокутну рамку зі сторонами a і b, яка складається з одного витка дроту, помістимо її в однорідне магнітне поле так, щоб вона могла легко обертатися навколо горизонтальної осі, і пропустимо в рамці струм (рис. *а*). Погойдавшись, рамка установиться перпендикулярно до ліній магнітної індукції (рис. *б*).

Знайдемо момент сил Ампера, що діють на рамку в деякий момент часу (рис. *в*). Для цього визначимо напрямок, модуль і плече кожної із сил, що діють на сторони рамки. Бачимо:

1) сили Ампера $\vec{F}_3$ і $\vec{F}_4$ не повертають, а лише розтягують рамку – моменти цих сил дорівнюють нулю.

2) сили Ампера $\vec{F}_1$ і $\vec{F}_2$ повертають рамку проти ходу годинникової стрілки – створюють *обертальний момент* M:

$$M = M_1 + M_2 = F_1 d_1 + F_2 d_2$$

$F_1 = F_2 = BIa$, де I – сила струму, a – довжина сторони AK (і CD);

$d_1 = d_2 = \frac{b}{2}\sin sin\,\alpha$, де b – довжина сторони KC, α – кут між вектором $\vec{B}$ магнітної індукції і нормаллю n до рамки (рис. *г*).

$$M = BIa\frac{b}{2}\sin sin\,\alpha + BIa\frac{b}{2}\sin sin\,\alpha = BIS\sin sin\,\alpha$$

$S = ab$ – площа рамки.

Момент сил Ампера, які діють на плоский замкнений контур, розташований в однорідному магнітному полі, дорівнює добутку модуля магнітної індукції поля, сили струму в контурі, площі контуру і синуса кута α між вектором магнітної індукції та нормаллю до площини контуру:

$$M = BIS\sin sin\,\alpha$$

Зверніть увагу:

1) якщо рамка розташована паралельно лініям магнітної індукції ($\alpha = 90°$), то обертальний момент найбільший ($\sin sin\,\alpha = 1$): $M_{max} = BIS$ (рис. *а*);

2) якщо рамка розташована перпендикулярно до ліній магнітної індукції($\alpha = 0$), то обертальний момент дорівнює нулю ($\sin sin\,\alpha = 0$), – це положення стійкої рівноваги рамки (рис. б);

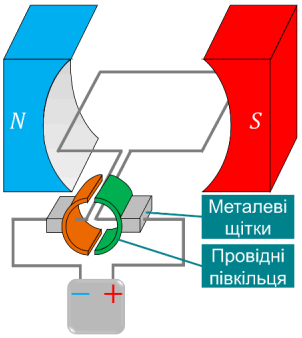
3) якщо рамка містить N витків дроту, обертальний момент розраховують за формулою: $M = NBIS\sin sin\,\alpha$

3. Електричний двигун

Проблемне питання

• Як змусити рамку безперервно обертатися в одному напрямку?

(Потрібно, щоб у момент проходження рамкою положення рівноваги напрямок струму в рамці змінювався на протилежний).



Колектор – пристрій, який автоматично змінює напрямок струму в рамці.

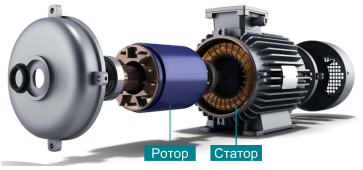
Колектор являє собою *два провідних півкільця*, до кожного з яких притиснута *металева щітка*; щітки з'єднані з полюсами джерела струму.

Півкільця колектора обертаються разом із рамкою, а щітки залишаються нерухомими, тому після проходження положення рівноваги до щіток притискуються вже інші півкільця. Напрямок струму в рамці змінюється на протилежний, а напрямок обертання рамки не змінюється.

Проблемне питання

• Як практично використати дію магнітного поля на рамку зі струмом?

Обертання рамки зі струмом у магнітному полі було використано у створенні *електричних двигунів.*



Електричний двигун – це пристрій, у якому електрична енергія перетворюється на механічну.

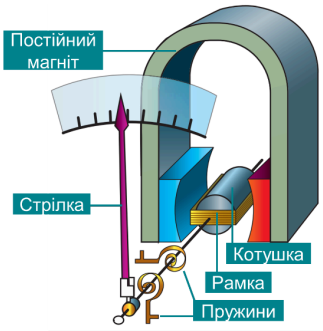
Ротор або ***якір*** двигуна, сердечник певної форми, набирається з листів спеціальної сталі, на які намотують ізольований дріт (обмотку).

Статор є електромагнітом (індуктор) та становить єдине ціле з корпусом електродвигуна. Це така частина двигуна, яка слугує для збудження магнітного поля. Обмотка статора підключена до того самого джерела струму, що й обмотка ротора.

Електродвигуни постійного струму застосовують в:

- Електротранспорті (трамваї, тролейбуси, електровози, електромобілі).
- Використовують як стартери для запуску двигунів внутрішнього згоряння.

4. Принцип дії електровимірювальних приладів



У приладах *магнітоелектричної системи* використовують залежність обертального моменту, створеного силами Ампера, від сили струму в рамці.

Коли прилад вмикають у коло, в рамці починає йти струм і внаслідок дії сил Ампера рамка повертається в магнітному полі магніту. Разом із рамкою повертається стрілка й одночасно закручуються спіральні пружини. Коли момент сил Ампера зрівноважується моментом сил пружності, рух стрілки припиняється, проте вона залишається відхиленою. Чим більша сила струму в рамці, тим на більший кут відхилиться стрілка.

У приладах *електродинамічної системи* замість постійного магніту застосовують *електромагніт*.

Проблемне питання

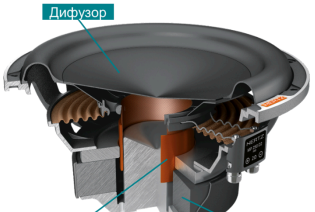
• Чи відрізняються будова та принцип дії амперметрів і вольтметрів?

За внутрішньою будовою амперметр і вольтметр є практично однаковими; відрізняються лише їхні електричні опори.

Амперметр вмикають у коло послідовно, тому його опір має бути якнайменшим, інакше сила струму в колі значно зменшиться.

Вольтметр приєднують до кола паралельно з пристроєм, на якому вимірюють напругу, отже, щоб сила струму в колі майже не змінювалася, опір вольтметра має бути якнайбільшим.

5. Електродинамічний гучномовець



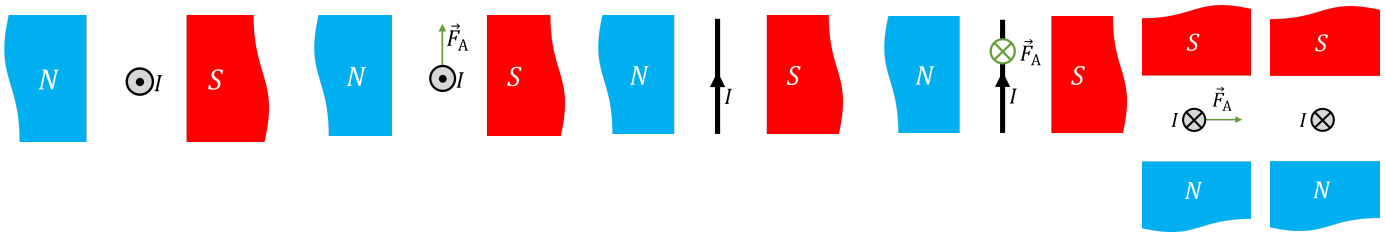
Електродинамічний гучномовець (динамік) – це пристрій, який перетворює електричний сигнал на чутний звук.

У динаміку сила Ампера, що діє на витки котушки, змушує котушку втягуватись у кільцевий магніт. Коли сила струму в котушці змінюється зі звуковою частотою, так само змінюється й сила Ампера – котушка коливається в такт зміні сили струму. Разом із котушкою коливається і прикріплений до неї дифузор, який «штовхає» повітря, створюючи звукову хвилю, – гучномовець випромінює звук.

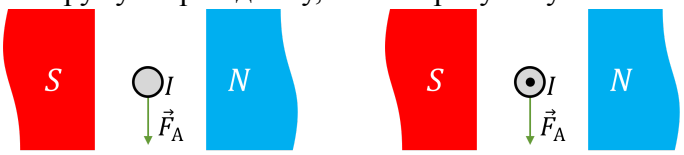
До речі, поширені зараз *навушники – це саме електродинамічні випромінювачі звуку.*

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

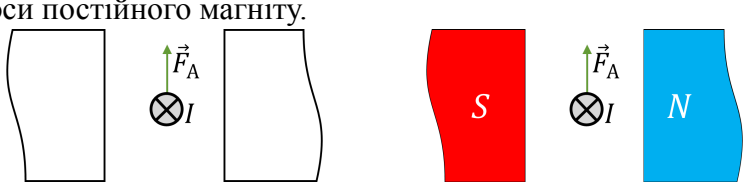
1. Визначте напрямок сил, що діють на провідники зі струмом у магнітному полі.



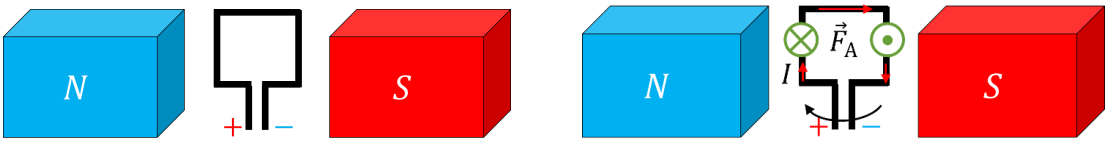
2. Визначте напрямок струму в провіднику, який перебуває у магнітному полі.



3. Визначте полюси постійного магніту.

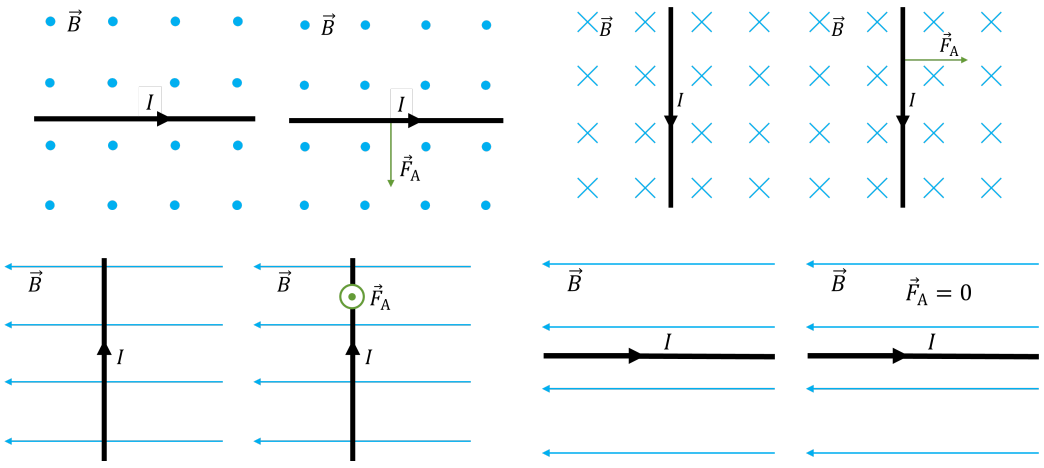


4. На рисунку зображена рамка зі струмом у магнітному полі. У який бік повернеться рамка? Що необхідно зробити, щоб рамка повернулася в протилежний бік?



За годинниковою стрілкою, якщо дивитися згори. Слід змінити або напрямок струму в рамці, або положення магнітних полюсів.

5. Визначте напрямок дії сили Ампера. У якому випадку магнітне поле не діє на провідник зі струмом?



6. Яка сила діє на провідник довжиною 0,1 м в однорідному магнітному полі з індукцією 2 Тл, якщо сила струму в провіднику становить 5 А, а кут між напрямком струму й лініями індукції 30°?

Дано:

$l = 0,1$ м

$B = 2$ Тл

$I = 5$ А

$\alpha = 30°$

$F_A - ?$

Розв'язання

$$F_A = BIl \sin sin\, \alpha$$

$$[F_A] = \text{Тл·А·м} = \frac{\text{Н}}{\text{А·м}} \cdot \text{А·м} = \text{Н} \qquad \sin sin\, 30° = 0,5$$

$$F_A = 2 \cdot 5 \cdot 0,1 \cdot \sin sin\, 30° = 0,5 \text{ (Н)}$$

Відповідь: $F_A = 0,5$ Н.

7. На прямий провідник зі струмом в однорідному магнітному полі, вектор магнітної індукції якого утворює із провідником кут 27°, діє сила 2 мН. Визначте модуль вектора магнітної індукції, якщо довжина провідника 50 см, а сила струму в ньому 20 А.

Дано:

$\alpha = 27°$

$F_A = 2$ мН

$= 2 \cdot 10^{-3}$ Н

$l = 50$ см $= 0,5$ м

$I = 20$ А

$B - ?$

Розв'язання

$$F_A = BIl \sin sin\, \alpha \quad => \quad B = \frac{F_A}{Il \sin sin\, \alpha}$$

$$[B] = \frac{\text{Н}}{\text{А·м}} = \text{Тл} \qquad \sin sin\, 27° \approx 0,454$$

$$B = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 0,5 \cdot \sin sin\, 27°} \approx 440 \cdot 10^{-6} \text{ (Тл)}$$

Відповідь: $B \approx 440$ мкТл.

8. На прямолінійний провідник зі струмом силою 14,5 А в однорідному магнітному полі з індукцією 0,34 Тл діє сила 1,65 Н. Визначте довжину активної частини провідника, якщо він розміщений під кутом 60° до силових ліній магнітного поля.

Дано:

$I = 14,5$ А

$B = 0,34$ Тл

$F_A = 1,65$ Н

$\alpha = 60°$

$l - ?$

Розв'язання

$$F_A = BIl \sin sin\, \alpha \quad => \quad l = \frac{F_A}{BI \sin sin\, \alpha}$$

$$[l] = \frac{\text{Н}}{\text{Тл·А}} = \frac{\text{Н}}{\frac{\text{Н}}{\text{А·м}} \cdot \text{А}} = \text{м} \qquad \sin sin\, 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$l = \frac{1,65}{0,34 \cdot 14,5 \cdot \sin sin\, 60°} \approx 0,39 \text{ (м)}$$

Відповідь: $l \approx 39$ см.

9. В однорідному магнітному полі з індукцією 0,8 Тл на прямий провідник зі струмом 30 А, довжина активної частини якого 10 см, діє сила 1,5 Н. Під яким кутом до вектора індукції розміщений провідник?

Дано:	***Розв'язання***
$B = 0,8$ Тл $I = 30$ А $l = 10$ см $= 0,1$ м $F_{\text{А}} = 1,5$ Н	$F_{\text{А}} = BIl \sin sin\, \alpha \quad => \quad \sin sin\, \alpha = \frac{F_{\text{А}}}{BIl}$ $[\sin sin\, \alpha] = \frac{\text{Н}}{\text{Тл·А·м}} = \frac{\text{Н}}{\frac{\text{Н}}{\text{А·м}}\text{·А·м}} = \frac{\text{Н}}{\text{Н}} = 1$ $\sin sin\, \alpha = \frac{1,5}{0,8 \bullet 30 \bullet 0,1} = 0,625$ $\alpha = \arcsin\ arcsin\, 0,625 \approx 39°$
$\alpha - ?$	***Відповідь:*** $\alpha \approx 39°$.

10. Визначте силу струму в прямолінійному провіднику, розміщеному перпендикулярно до ліній індукції однорідного магнітного поля з індукцією 10 Тл, якщо на активну частину провідника довжиною 40 см діє сила 20 Н.

Дано:	***Розв'язання***
$B = 10$ Тл $l = 40$ см $= 0,4$ м $F_{\text{А}} = 20$ Н $\alpha = 90°$	$F_{\text{А}} = BIl \sin sin\, \alpha \quad => \quad I = \frac{F_{\text{А}}}{Bl} \quad (\sin sin\, \alpha = 1)$ $[I] = \frac{\text{Н}}{\text{Тл·м}} = \frac{\text{Н}}{\frac{\text{Н}}{\text{А·м}}\text{·м}} = \frac{\text{Н}}{\frac{\text{Н}}{\text{А}}} = \text{А}$ $I = \frac{20}{10 \cdot 0,4} = 5\ (\text{А})$
$I - ?$	***Відповідь:*** $I = 5$ А.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Дайте означення сили Ампера. За якою формулою її розраховують? Як визначають її напрямок?

2. Виведіть формулу для визначення моменту сил Ампера, що діють на рамку зі струмом з боку магнітного поля. За якого положення рамки момент сил дорівнює нулю? є максимальним?

3. Опишіть принцип дії електричного двигуна постійного струму.

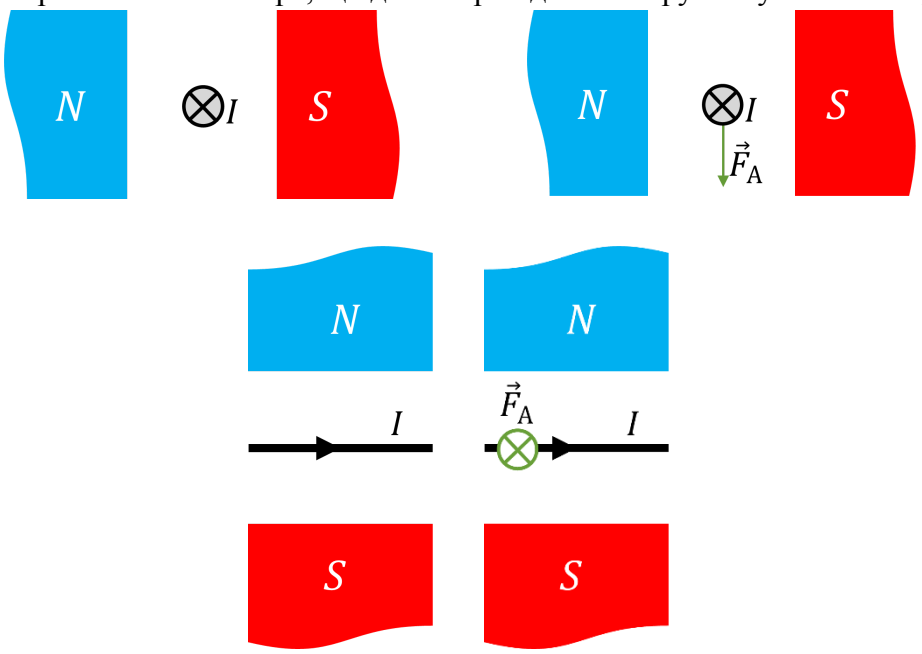
4. Опишіть будову та принцип дії вимірювальних приладів магнітоелектричної системи; електродинамічного гучномовця.

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

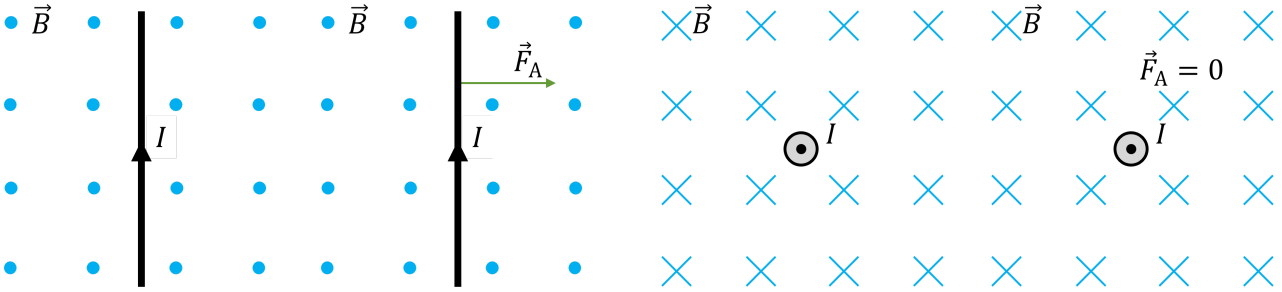
Опрацювати § 11, Вправа № 11 (1, 2)

Додаткові задачі

1. Визначте напрямок сили Ампера, що діє на провідник зі струмом у магнітному полі.



2. Визначте напрямок дії сили Ампера. У якому випадку магнітне поле не діє на провідник зі струмом?



3. Доведіть, що два паралельні провідники, в яких тече струм одного напрямку, притягуються.

Аналіз фізичної проблеми. Навколо будь-якого провідника зі струмом існує магнітне поле, отже, кожен із двох провідників перебуває в магнітному полі іншого. На перший провідник діє сила Ампера з боку магнітного поля, створеного струмом у другому провіднику, і навпаки. Визначивши за правилом лівої руки напрямки цих сил, з'ясуємо, притягуються провідники чи відштовхуються.

Розв'язання

У ході розв'язання виконаємо пояснювальні рисунки: зобразимо провідники A і B, покажемо напрямок струму в них та ін.

Визначимо напрямок сили Ампера, яка діє на провідник A, що перебуває в магнітному полі провідника B.

1) За допомогою правила правої руки визначимо напрямок ліній магнітного поля, створеного провідником B (рис. 1, *а*). Бачимо, що біля провідника A магнітні лінії напрямлені до нас (позначка «•»).

2) Скориставшись правилом лівої руки, визначимо напрямок сили Ампера, яка діє на провідник A з боку магнітного поля провідника B (рис. 1, *б*).

3) Доходимо висновку: провідник A притягується до провідника B.

Тепер знайдемо напрямок сили Ампера, яка діє на провідник B, що перебуває в магнітному полі провідника A.

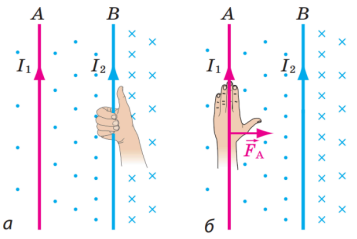


Рис. 1

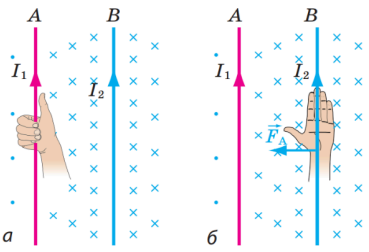


Рис. 2

1) Визначимо напрямок ліній магнітного поля, створеного провідником *A* (рис. 2, *а*). Бачимо, що біля провідника *B* магнітні лінії напрямлені від нас (позначка «х»).

2) Визначимо напрямок сили Ампера, яка діє на провідник *B* (рис. 2, *б*).

3) Доходимо висновку: провідник *B* притягується до провідника *A*.

Відповідь: два паралельні провідники, в яких протікають струми одного напрямку, дійсно притягуються.

4. Визначте модуль вектора індукції магнітного поля, в якому на провідник, довжина активної частини якого 5 см, діє сила 50 мН, якщо сила струму в провіднику 25 А. Провідник розміщений перпендикулярно до ліній індукції магнітного поля.

Дано:

$l = 5$ см

$= 5 \cdot 10^{-2}$ м

$F_{\text{А}} = 50$ мН

$= 50 \cdot 10^{-3}$ Н

$I = 25$ А

$\alpha = 90°$

$B - ?$

Розв'язання

$$F_{\text{А}} = BIl \sin sin\, \alpha \quad => \quad B = \frac{F_{\text{А}}}{Il} \quad (\sin sin\, \alpha = 1)$$

$$[B] = \frac{\text{Н}}{\text{А·м}} = \text{Тл} \quad B = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = 40 \cdot 10^{-3}\ (\text{Тл})$$

Відповідь: $B = 40$ мТл.

5. Якої сили струм існує в провіднику, що перебуває в магнітному полі з індукцією 1 Тл, якщо довжина його активної частини 10 см, і він виштовхується полем із силою 1,5 Н? Кут між напрямком струму й напрямком вектора магнітної індукції становить 49°.

Дано:

$B = 1$ Тл

$l = 10$ см $= 0,1$ м

$F_{\text{А}} = 1,5$ Н

$\alpha = 49°$

$I - ?$

Розв'язання

$$F_{\text{А}} = BIl \sin sin\, \alpha \quad => \quad I = \frac{F_{\text{А}}}{Bl \sin sin\, \alpha}$$

$$[I] = \frac{\text{Н}}{\text{Тл·м}} = \frac{\text{Н}}{\frac{\text{Н}}{\text{А·м}} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Н}}{\frac{\text{Н}}{\text{А}}} = \text{А} \qquad \sin sin\, 49° \approx 0,755$$

$$I = \frac{1,5}{1 \cdot 0,1 \cdot \sin sin\, 49°} \approx 20\ (\text{А})$$

Відповідь: $I \approx 20$ А.