

Урок № 37-38

37

Тема уроку: Дія магнітного поля на провідник зі струмом. Сила Ампера

Мета уроку:

навчальна – формування в учнів уявлення про дію магнітного поля на провідник зі струмом, поглибити й розширити знання учнів про магнетизм як одну з форм існування матерії;

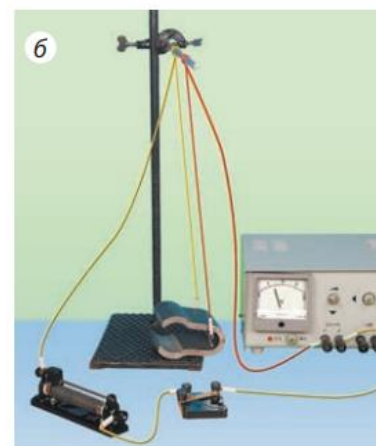
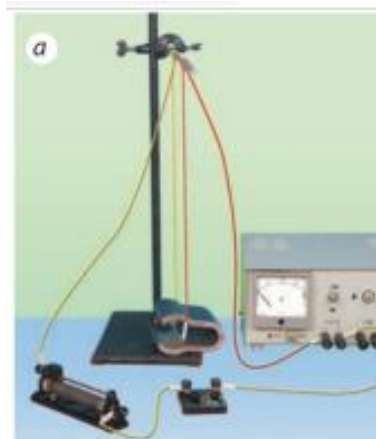
розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;

виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

Матеріал до уроку

Характеризуємо силу, яка діє на провідник зі струмом

Візьмемо прямий провідник, виготовлений з алюмінію, і підвісимо його на тонких і гнучких проводах таким чином, щоб він був розташований між полюсами підковоподібного постійного магніту (рис. а). Якщо в провіднику пропустити струм, провідник відхилиться від положення рівноваги (рис. б). Причиною такого відхилення є сила, що діє на провідник зі струмом з боку магнітного поля. Довів наявність цієї сили і з'ясував, від чого залежать її значення та напрямок, А. Ампер. Саме тому цю силу називають *силою Ампера*.



Сила Ампера — це сила, з якою магнітне поле діє на провідник зі струмом

Сила Ампера прямо пропорційна силі струму в провіднику та довжині активної частини провідника (тобто частини, яка розташована в магнітному полі). *Сила Ампера збільшується зі збільшенням індукції магнітного поля і залежить від того, під яким кутом до ліній магнітної індукції розташований провідник.*

Значення сили Ампера (F_A) обчислюють за формулою:

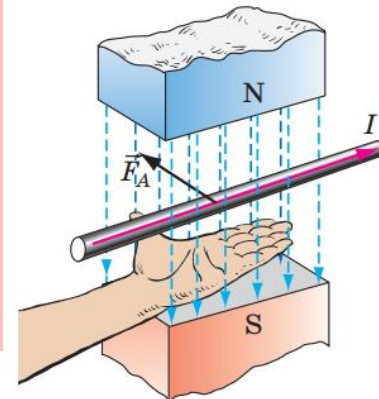
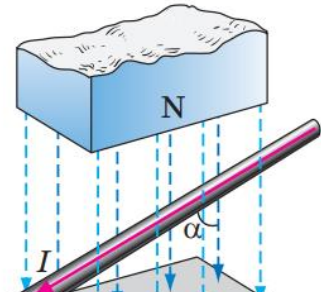
$$F_A = BIl \sin \alpha$$

Дослід, який демонструє дію магнітного поля на алюмінієвий провідник: у разі відсутності струму магнітне поле на провідник не діє (а); якщо в провіднику тече струм, на провідник діє магнітне поле і провідник відхиляється (б)

де B — магнітна індукція магнітного поля; I — сила струму в провіднику; l — довжина активної частини провідника; α — кут між напрямком вектора магнітної індукції і напрямком струму в провіднику.

Зверніть увагу! Магнітне поле не діятиме на провідник зі струмом ($F_A = 0$), якщо провідник розташований паралельно магнітним лініям поля ($\sin \alpha = 0$).

Щоб визначити напрямок сили Ампера, використовують **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

Отримуємо формулу для визначення модуля магнітної індукції

Якщо провідник розташований перпендикулярно до ліній магнітної індукції ($\alpha = 90^\circ$, $\sin \alpha = 1$), то поле діє на провідник із максимальною силою:

$$F_{A \max} = BIl$$

Звідси отримуємо формулу для визначення модуля магнітної індукції:

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

Зверніть увагу! Значення магнітної індукції не залежить ані від сили струму в провіднику, ані від довжини провідника, а залежить тільки від властивостей магнітного поля.

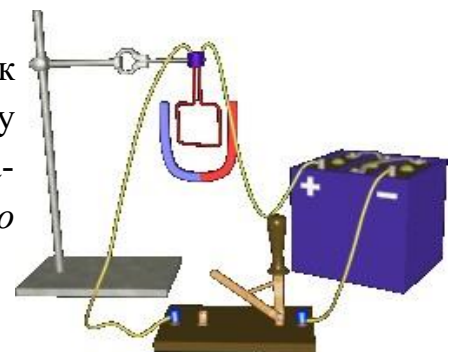
У СІ одиниця магнітної індукції — тесла (Тл), одиниця сили — ньютон (Н), сили струму — ампер (А), довжини — метр (м), тому:

$$1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}$$

Тл — це індукція такого однорідного магнітного поля, яке діє із максимальною силою 1 Н на провідник завдовжки 1 м, у якому тече струм силою 1 А.

1. Рамка зі струмом в магнітному полі.

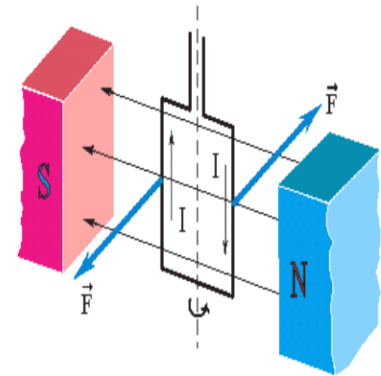
Особливо цікавий випадок, якщо взяти провідник і скрутити у вигляді прямокутної рамки і помістити у однорідне магнітне поле, так щоб вона легко оберталась навколо осі. (Спостерігаємо за дослідом і робимо відповідні висновки.)



Як бачимо, магнітне поле чинить орієнтуючу дію на рамку зі струмом.

(Пояснення обертання рамки за допомогою презентації)

Поворот рамки зі струмом пояснюється тим, що магнітне поле, діючи на вертикальні сторони рамки, змушує її повертатися так, щоб її площина стала перпендикулярно до силових ліній поля. Тобто сила Ампера створює обертовий момент рамки. Напрямок обертання можна визначити, застосовуючи правило лівої руки до кожної вертикальної ділянки рамки. При зміні напрямку струму в рамці вона буде повертатися у зворотному напрямку. Те саме ми спостерігаємо, помінявши місцями полюси магніту.



Саме на такому принципі заснована робота електродвигунів.

Визначимо обертовий момент рамки, зумовлений дією сили Ампера F_1 і F_2 на вертикальні сторони (*горизонтальні сторони до уваги не беремо, подумайте чому*). Для цього пригадаємо з механіки, що таке обертовий момент, момент сили, плече дії сили. Врахувавши, що $M=M_1+M_2$, $M_1= F_1d_1$ та $M_2= F_2d_2$, $d_1= d_2=l/2$, $F_1= F_2= F_A=BI\sin\alpha$, одержимо:

$$M_{об} = BISS\sin\alpha \text{ – обертовий момент рамки}$$

де B – індукція магнітного поля (Тл), I – величина струму (А), S – площа рамки (m^2), кут α – кут між напрямком поля та перпендикуляром до площини рамки.

Отже, обертовий момент рамки $M_{об}$ зумовлений дією сил Ампера на плоский замкнений контур, що розташований у однорідному магнітному полі дорівнює добутку модуля магнітної індукції на силу струму в контурі на площу контуру і на синус кута між вектором індукції та перпендикуляром до площини контура.

Зверніть увагу:

- а) якщо рамка паралельна лініям індукції (кут $\alpha=90^0$), то $M_{об}$ найбільший;
- б) якщо рамка перпендикулярна до ліній індукції ($\alpha=0^0$), то $M_{об}=0$

положення стійкої рівноваги.

Практичне використання сили Ампера.

Переміщення провідника зі струмом під дією сили Ампера характерне тим, що при цьому електрична енергія перетворюється в механічну. Це явище широко використовують на практиці та має наступні сфери засто-

Відповідь: $I=8$ А; від нас.

Задача 2. Під яким кутом до силових ліній магнітного поля з індукцією 0,04 Тл розмістили провідник довжиною 25 см, по якому тече електричний струм 0,25 А, якщо на нього діє сила Ампера величиною 1,25 мН.

Дано:

$$\Delta l = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$$

$$B = 0,04 \text{ Тл}$$

$$I = 0,25 \text{ А}$$

$$F_A = 1,25 \text{ мН} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

$$\alpha = ?$$

Розв'язування

На провідник зі струмом у магнітному полі діє сила $F_A = BI\Delta l \sin \alpha$. Виразимо шукану

величину: $\sin \alpha = \frac{F_A}{BI\Delta l}$; звідси $\alpha = \arcsin \frac{F_A}{BI\Delta l}$.

Підставимо значення фізичних величин:

$$\alpha = \arcsin \frac{1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Н}}{0,04 \text{ Тл} \cdot 0,25 \text{ А} \cdot 0,25 \text{ м}} = \arcsin 0,5 = 30^\circ; \alpha = 30^\circ.$$

Відповідь: провідник розміщено під кутом $\alpha = 30^\circ$.

Перевірте себе:

1. Що таке сила Ампера?
2. Сформулюйте правило для визначення напрямку сили Ампера.
3. За якою формулою визначають силу Ампера?

Домашнє завдання:

Написати конспект. Додатково опрацювати параграф №14 с.90-93. Виконати задачі.

Задача 1. Прямолінійний провідник масою 2 кг і довжиною 50 см помістили в однорідне магнітне поле з індукцією 15 Тл перпендикулярно до ліній індукції. Визначте силу струму в провіднику, якщо сила тяжіння врівноважується силою Ампера.

Задача 2. На прямий провідник довжиною 0,5 м, розташований перпендикулярно силовим лініям поля з індукцією 0,02 Тл, діє сила 0,15 Н. Знайдіть силу струму, який протікає провідником.

Урок № 38

Тема уроку: Дія магнітного поля на рухомі заряджені частинки. Сила Лоренца.

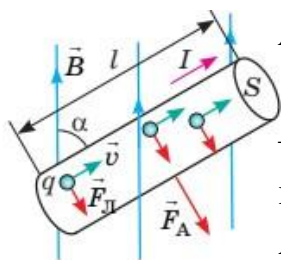
Мета уроку:

навчальна – пояснити механізм дії магнітного поля на рухому заряджену частинку; формувати в учнів уміння застосовувати правило лівої руки для визначення напрямку дії сили Ампера та сили Лоренца;

розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;

виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

Матеріал до уроку



Як визначити силу Лоренца

Магнітне поле діє на провідник зі струмом із певною силою – силою Ампера: $F_A = BIl \sin \alpha$. Оскільки електричний струм – це напрямлений рух заряджених частинок, виникнення сили Ампера є результатом дії магнітного поля на окремі заряджені частинки, що рухаються в провіднику.

Силою Лоренца називають силу з якою магнітне поле діє на рухому заряджену частинку

Формула для визначення модуля сили

Лоренца:

$$F_L = |q|Bv \sin \alpha$$

де α - кут між напрямком руху

частинки та напрямком магнітної індукції магнітного поля.

Напрямок сили Лоренца визначають за **правилом лівої руки: лінії магнітної індукції «ловимо» в долоню, чотири витягнуті пальці спрямовуємо за напрямком руху позитивно зарядженої частинки (або протилежно до руху негативно зарядженої), і тоді відігнутий на 90° великий палець вкаже напрямок сили Лоренца** (рис. 12.2).

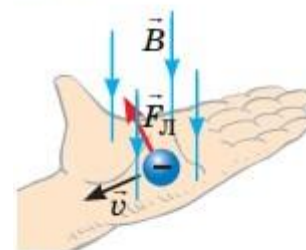
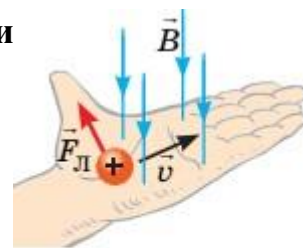
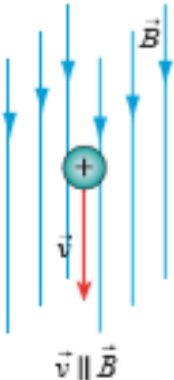
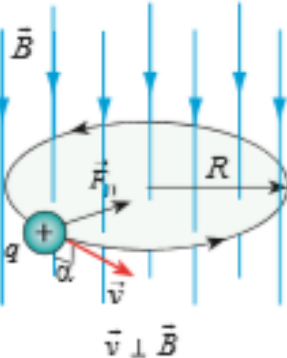
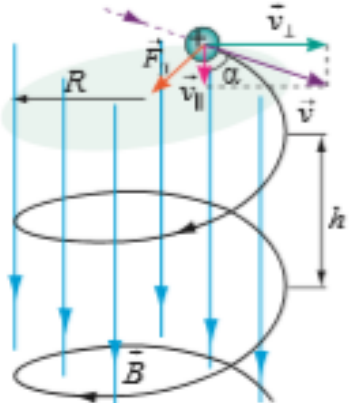


Рис. 12.2. Визначення напрямку сили Лоренца за допомогою лівої руки

Як рухаються заряджені частинки під дією сили Лоренца

Сила Лоренца завжди перпендикулярна до швидкості руху частинки, тому вона не виконує роботу і не змінює кінетичну енергію частинки, - під дією сили Лоренца заряджена частинка рухається рівномірно. Проте траєкторія руху частинки буде різною — залежно від того, під яким кутом частинка влетіла в маг-

нітне поле і чи є магнітне поле однорідним

Можливі випадки руху зарядженої частинки в однорідному магнітному полі		
<p>1. Частинка влітає в магнітне поле паралельно лініям магнітної індукції.</p>	<p>2. Частинка влітає в магнітне поле перпендикулярно до ліній магнітної індукції.</p>	<p>3. Частинка влітає в магнітне поле під деяким кутом α до ліній магнітної індукції.</p>
		
<p>У цьому випадку кут α між вектором швидкості \vec{v} і вектором магнітної індукції \vec{B} дорівнює нулю (або 180°). Оскільки $\sin\alpha = 0$, то дорівнює нулю і сила Лоренца:</p> $F_{\text{Л}} = q Bv\sin\alpha = 0.$ <p>Отже, магнітне поле не діє на частинку, тому, якщо немає інших сил, частинка рухатиметься рівномірно прямолінійно вздовж ліній магнітної індукції.</p>	<p>У цьому випадку $\alpha = 90^\circ$ ($\vec{v} \perp \vec{B}$), тому $F_{\text{Л}} = q Bv$, адже $\sin\alpha = 1$. Частинка рухається рівномірно по колу перпендикулярно до ліній магнітної індукції, а сила Лоренца надає частинці доцентрового прискорення $\vec{a}_{\text{дц}}$. За другим законом Ньютона: $F_{\text{Л}} = ma_{\text{дц}}$, тому</p> $ q Bv = m \frac{v^2}{R}.$ <p>Звідси визначимо радіус R траєкторії руху частинки і період T її обертання:</p> $R = \frac{mv}{ q B}; \quad T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{ q B}.$ <p>Період обертання частинки не залежить від швидкості її руху та радіуса траєкторії.</p>	<p>У цьому випадку швидкість \vec{v} руху частинки можна розкласти на дві складові: перша складова \vec{v}_{\parallel} паралельна лініям магнітної індукції поля, вона забезпечує рух частинки вздовж цих ліній; друга складова \vec{v}_{\perp} перпендикулярна до ліній магнітної індукції поля, і поле змушує частинку рухатися по колу з періодом</p> $T = \frac{2\pi R}{v_{\perp}}.$ <p>Таким чином, траєкторія руху частинки — гвинтова лінія, крок h (відстань між сусідніми витками) якої визначається складовою \vec{v}_{\parallel}: $h = v_{\parallel}T$, а радіус витка — складовою \vec{v}_{\perp}: $R = \frac{mv_{\perp}}{ q B}$.</p>

Де застосовують силу Лоренца

Той факт, що період обертання зарядженої частинки в однорідному магнітному полі не залежить ані від швидкості її руху, ані від радіуса траєкторії, використовують у циклотронах (рис. 12.3). По суті циклотрон являє собою вакуумну камеру, розміщену між полюсами сильного електромагніту. У камері розташовано два порожнисті металеві півциліндри (дуанти).

На дуанти подається змінна напруга, яка періодично прискорює частинки. Період зміни напруги дорівнює періоду обертання частинки в магнітному полі. На русі зарядженої частинки в однорідному магнітному полі базується дія мас-спектрометрів - пристроїв, за допомогою яких можна виміряти питомий заряд частинки, а потім її ідентифікувати.

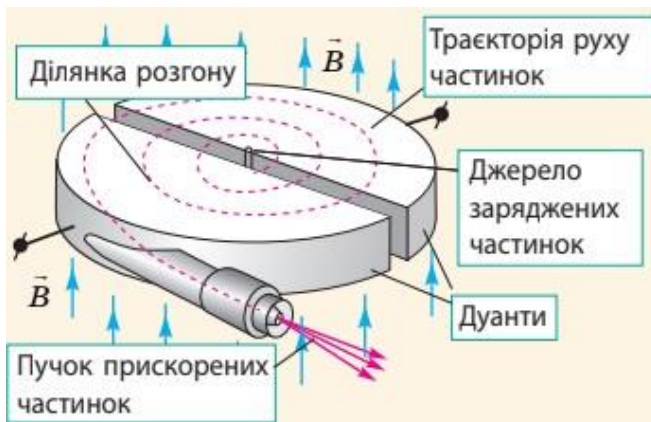


Рис. 12.3. Будова і принцип дії циклотрона — прискорювача важких заряджених частинок (протонів, йонів)

- Частинки, які випромінює джерело, потрапляють усередину дуантів і рухаються по півколах під дією сили Лоренца.
- У проміжку між дуантами частинки розганяються електричним полем.
- Що швидше рухається частинка, то більше півколо вона описує: $R = \frac{mv}{|q|B}$, проте час проходження півкола $t = \frac{T}{2} = \frac{\pi m}{|q|B}$ зі збільшенням швидкості не змінюється.
- Якщо періодично змінювати напругу на дуантах, то частинки, яким «пощастило» потрапити в резонанс, щоразу будуть прискорюватися.

Задача №1

В напрямку перпендикулярному до ліній індукції, в магнітне поле влітає електрон зі швидкістю $10 \frac{\text{Мм}}{\text{с}}$. Знайти індукцію поля, якщо електрон описав в полі коло радіусом 1 см.

$\alpha=90^\circ$ $v=10 \frac{\text{Мм}}{\text{с}}$ $r = 1\text{см}$ $q=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $m=9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	$10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $0,01\text{м}$
В - ?	

На електрон діє сила Лоренца:

$$F_{\text{л}} = qvB \sin \alpha.$$

Ця ж сила надає електрону доцентрового прискорення

$$a = \frac{v^2}{R}, \text{ отже, її можна визначити за II законом}$$

Ньютона:

$$F_{\text{д}} = am = \frac{mv^2}{R}. \text{ Тоді отримаємо: } qvB \sin \alpha = \frac{mv^2}{R};$$

$$qB \sin \alpha = \frac{mv}{R}; \sin 90^\circ = 1;$$

$$B = \frac{mv}{qR}; B = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,01 \text{ м}} = 5,7 \cdot$$

$$10^{-3} \text{ Тл} = 5,7 \text{ мТл}$$

Домашнє завдання:

Написати конспект. Додатково опрацювати параграф №14 с.93-96, впр.17 с.112 (2).

Зворотній зв'язок

- Viber 0662728430
- E-mail partitskiy.dmitro@kmrf.kiev.ua

!!!! у повідомленні з д/з не забуваєм вказувати прізвище, групу і дату уроку