

20.05.2022

Група 26

Фізика і астрономія

Урок № 46

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

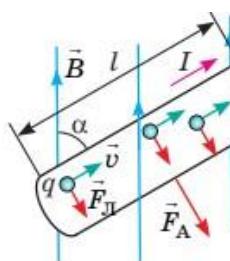
Мета уроку:

навчальна – пояснити механізм дії магнітного поля на рухому зарядженню частинку; формувати в учнів уміння застосовувати правило лівої руки для визначення напряму 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 зарядженню 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.

Рис. 12.1. До визначення модуля сили Лоренца: q — заряд частинки; v — швидкість руху частинки; F_L — сила Лоренца; S — площа поперечного перерізу провідника; l — довжина провідника

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

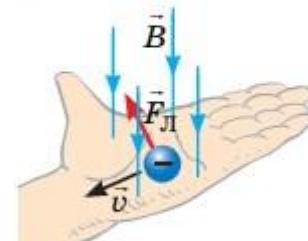
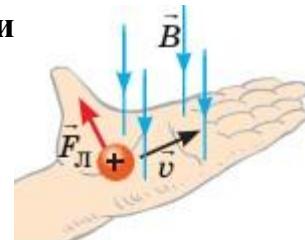


Рис. 12.2. Визначення напрямку сили Лоренца за допомогою лівої руки

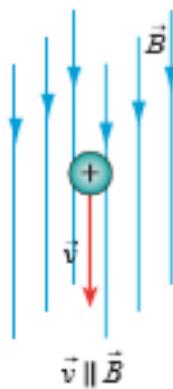
Як рухаються заряджені частинки під дією сили Лоренца

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-

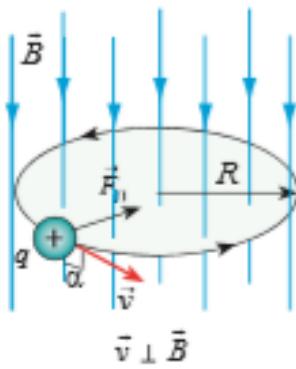
нітне поле і чи є магнітне поле однорідним

Можливі випадки руху зарядженої частинки в однорідному магнітному полі

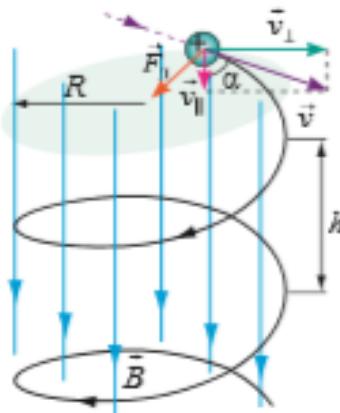
1. Частинка влітає в магнітне поле паралельно лініям магнітної індукції.



2. Частинка влітає в магнітне поле перпендикулярно до ліній магнітної індукції.



3. Частинка влітає в магнітне поле під деяким кутом α до ліній магнітної індукції.



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:

$$F_L = |q|Bv \sin \alpha = 0.$$

Отже, магнітне поле не діє на частинку, тому, якщо немає інших сил, частинка рухатиметься рівномірно прямолінійно вздовж ліній магнітної індукції.

У цьому випадку $\alpha = 90^\circ$ ($\vec{v} \perp \vec{B}$), тому $F_L = |q|Bv$, адже $\sin \alpha = 1$. Частинка рухається рівномірно по колу перпендикулярно до ліній магнітної індукції, а сила Лоренца надає частинці додаткового прискорення $\ddot{a}_\text{дд}$. За другим законом Ньютона: $F_L = ma_\text{дд}$, тому

$$|q|Bv = m \frac{v^2}{R}.$$

Звідси визначимо радіус R траєкторії руху частинки і період T її обертання:

$$R = \frac{mv}{|q|B}; T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{|q|B}.$$

Період обертання частинки не залежить від швидкості її руху та радіуса траєкторії.

У цьому випадку швидкість \vec{v} руху частинки можна розкласти на *дво 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

$$T = \frac{2\pi R}{v_\perp}.$$

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 : $R = \frac{mv_\perp}{|q|B}$.

Де застосовують силу Лоренца

Той факт, що період обертання зарядженої частинки в однорідному магнітному полі не залежить від швидкості її руху, а 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 - пристрій, за допомогою яких можна виміряти питомий заряд

частинки, а потім її ідентифікувати.

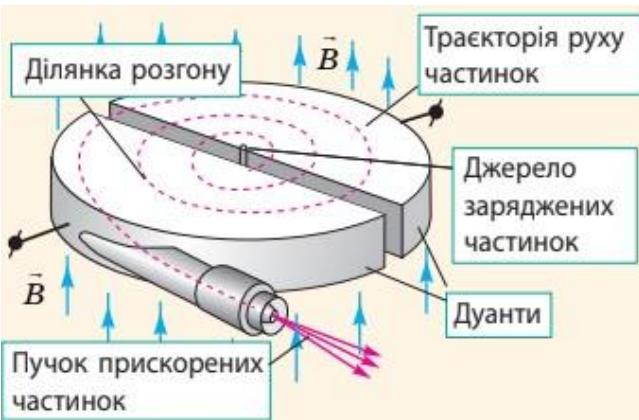


Рис. 12.3. Будова і принцип дії циклотрона — прискорювача важких заряджених частинок (протонів, йонів)

Задача №1

В напрямку перпендикулярному до ліній індукції, в магнітне поле влітає електрон зі швидкістю 10^7 Мм/с. Знайти індукцію поля, якщо електрон описав в полі коло радіусом 1 см.

$$\begin{aligned} \alpha &= 90^\circ \\ v &= 10^7 \text{ Мм/с} \\ r &= 1 \text{ см} \\ q &= 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \\ m &= 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \end{aligned}$$

$$B - ?$$

$$\begin{aligned} 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ 0,01 \text{ м} \end{aligned}$$

На електрон діє сила Лоренца:
 $F_L = qvBsina$.
Ця ж сила надає електрону доцентрового прискорення
 $a = \frac{v^2}{R}$, отже, її можна визначити за II законом Ньютона:
 $F_d = am = \frac{mv^2}{R}$. Тоді отримаємо: $qvBsina = \frac{mv^2}{R}$;
 $qBsina = \frac{mv}{R}$; $sin90^\circ = 1$;
 $B = \frac{mv}{qB}$; $B = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,01 \text{ м}} = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} = 5,7 \text{ мТл}$

Домашнє завдання:

Написати конспект. Додатково опрацювати параграф №14 с.93-96

Зворотній зв'язок

E-mail vitasergiiivna1992@gmail.com

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