



***РУХ ЗАРЯДЖЕНОЇ ЧАСТИНКИ В
ОДНОРІДНОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ.
СИЛА ЛОРЕНЦА***

Поміркуй !

На кордонні між Швейцарією та Францією на глибині 10 м під землею знаходиться Великий адронний колайдер. Довжина його основного кільця близько 27 км. Його основне завдання - розганяти адрони (протони) та іони до швидкостей наближених до швидкості світла і зіштовхувати їх.

Як прискорити заряджені
частинки?

Чому прискорювач має форму
кільця?

До чого тут магнітне поле?

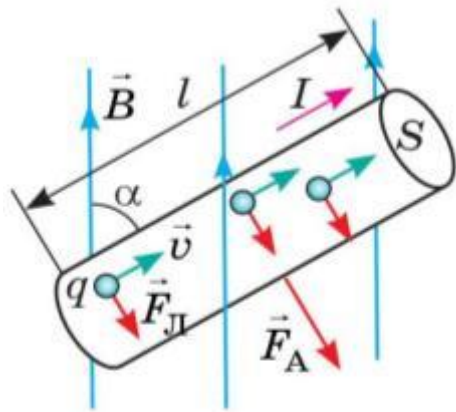


Сила Лоренца

Магнітне поле діє на провідник зі струмом з силою Ампера. Її виникнення є результатом дії МП на окремі заряджені частинки, що рухаються в провіднику (електричний струм).

Силу, з якою магнітне поле діє на рухому заряджену частинку, називають **силою Лоренца**.

$$F_{\text{Л}} = |q| B v \sin \alpha,$$

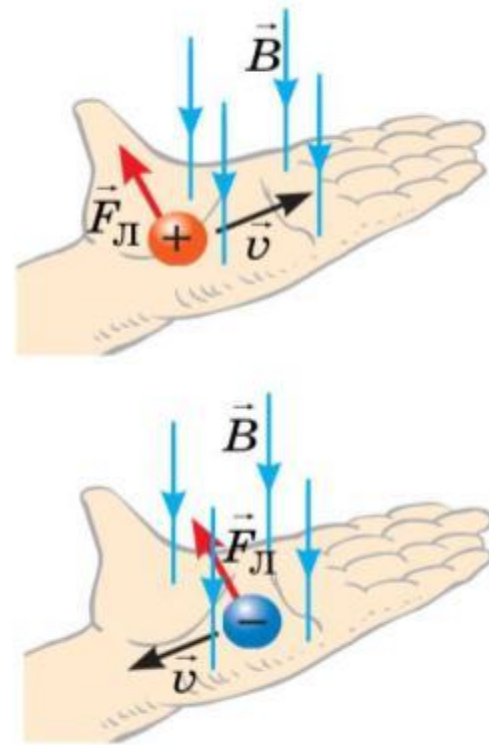


Генрік Антон Лоренц
(1853 - 1928)

Напрямок сили Лоренца

Правило лівої руки:

Лінії магнітної індукції “ловимо” в долоню, чотири відігнуті 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.



Рух заряджених частинок під дією сили Лоренца

Сила Лоренца завжди перпендикулярна до швидкості руху частинки, вона НЕ виконує роботу і НЕ змінює кінетичну енергію частинки.

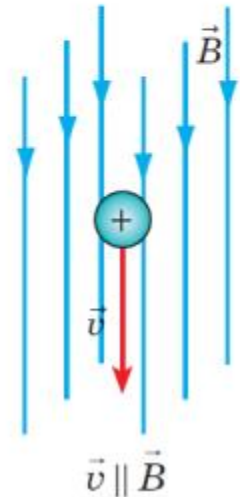
Під дією сили Лоренца заряджена частинка рухається рівномірно.

Траєкторія частинки різна – залежно від того, під яким кутом частинка влетіла в магнітне поле і чи є магнітне поле однорідним.

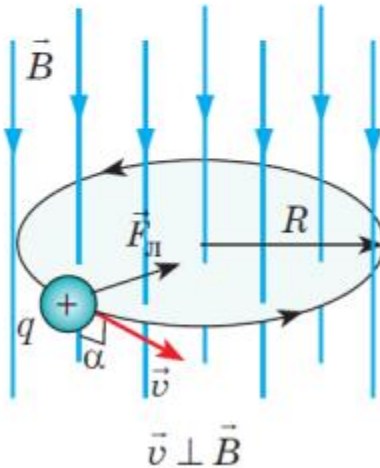
Рух заряджених частинок під дією сили Лоренца

Можливі випадки руху зарядженої частинки в однорідному магнітному полі

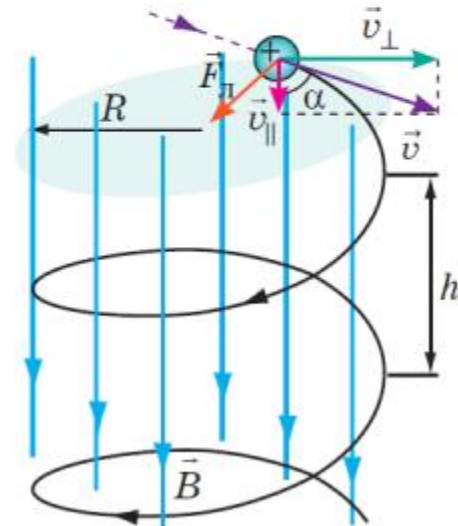
1. Частинка влітає в магнітне поле *паралельно* лініям магнітної індукції.



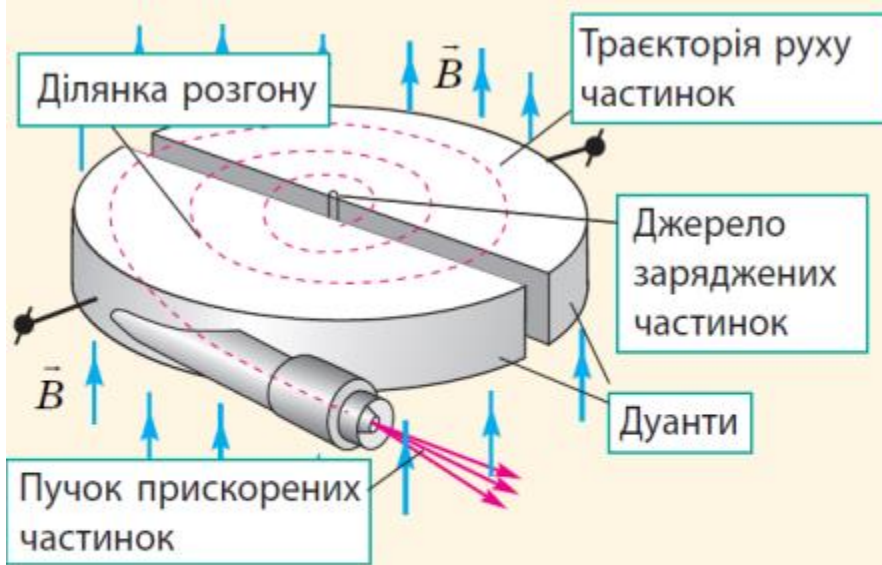
2. Частинка влітає в магнітне поле *перпендикулярно* до лінії магнітної індукції.



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



Застосування сили Лоренца



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.

Учимося розв'язувати задачі

Аналіз фізичної проблеми. 1) Щоб вийти із селектора через отвір O , частинка повинна рухатися ділянкою 1 рівномірно прямолінійно. Це відбудеться у випадку, коли сили, що діють на частинку, будуть скомпенсовані.

2) У камеру мас-спектрометра частинка влітає перпендикулярно до ліній магнітної індукції і рухається лише під дією сили Лоренца, тому траєкторією руху частинки є коло, а сила Лоренца надає частинці доцентрового прискорення. Скориставшись другим законом Ньютона ($F_{Л} = ma_{дц}$) і формулою для визначення сили Лоренца, знайдемо питомий заряд частинки і дізнаємося, що це за частинка (див. Додаток 1).

Дано:

$$E = 10 \cdot 10^3 \text{ Н/Кл}$$

$$B_1 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

$$B_2 = 0,1 \text{ Тл}$$

$$R = 52 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$v = ?$$

$$\frac{q}{m} = ?$$

Пошук математичної моделі, розв'язання.

1) На ділянці 1 на частинку діють дві сили: $F_{ел} = qE$ — з боку електричного поля; $F_{Л} = qB_1v$ — з боку магнітного поля.

Ці сили скомпенсовані: $F_{ел} = F_{Л}$, тому $qE = qB_1v \Rightarrow v = \frac{E}{B_1}$.

Бачимо, що через отвір O вийдуть тільки ті частинки, швидкість яких відповідає умові $v = \frac{E}{B}$, решта відхилиться. Отже, селектор швидкостей «відбирає» частинки певної швидкості.

2) На ділянці 2: $F_{Л} = ma_{дц}$, де $F_{Л} = qB_2v$; $a_{дц} = \frac{v^2}{R}$.

Отже, $qB_2v = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{v}{B_2R}$, де $\frac{q}{m}$ — питомий заряд частинки.

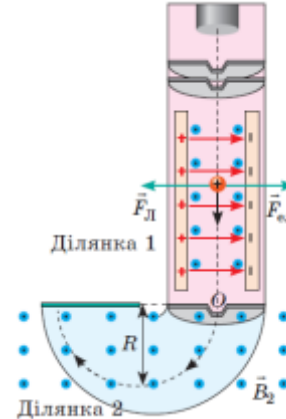
Перевіримо одиниці, знайдемо значення шуканих величин:

$$[v] = \frac{\text{Н}}{\text{Кл} \cdot \text{Тл}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}{\text{Кл} \cdot \text{Н}} = \frac{\text{А} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad v = \frac{10 \cdot 10^3}{40 \cdot 10^{-3}} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ (м/с)}$$

$$\left[\frac{q}{m} \right] = \frac{\text{м}}{\text{с} \cdot \text{Тл} \cdot \text{м}} = \frac{\text{А} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{Н}} = \frac{\text{А} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{с} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}} = \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{кг}} = \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}, \quad \frac{q}{m} = \frac{2,5 \cdot 10^5}{0,1 \cdot 52 \cdot 10^{-3}} \approx 4,8 \cdot 10^7 \text{ (Кл/кг)}$$

За таблицею Додатку 1 бачимо, що це α -частинка.

Відповідь: 1) $v = 250 \text{ км/с}$; 2) α -частинка.



Задача 1. Вузький пучок позитивно заряджених частинок потрапляє в *селектор швидкостей*, в якому створені взаємно перпендикулярні електричне і магнітне поля (див. рисунок). Напруженість електричного поля — 10 кН/Кл, магнітна індукція магнітного поля — 40 мТл.

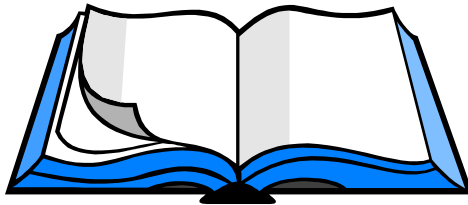
1) З якою незмінною швидкістю повинна рухатися частинка, щоб вийти із селектора через отвір O ? Для чого, на вашу думку, призначений селектор швидкостей?

2) Потрапивши в магнітне поле *масспектрометра* індукцією 0,1 Тл, частинка описала коло радіусом 52 мм. Яка це частинка?

Домашнє завдання

Підручник: Фізика 11 кл. Стандарт. За редакцією В.Г. Баряхтара, С.О. Довгого:

- Опрацювати: § 12
- Розв'язати: Вправа 12 № 1 - 4



Розв'язки надіслати: dimaslyuta@gmail.com – пошта.
0660098440 Viber, Telegram