

Магнитное поле. Конспект теории

Магнитное поле. Сила Лоренца. Ускорители частиц, фильтр скоростей. Масс-спектрометр

Сила Лоренца

Сила Лоренца — это сила, с которой магнитное поле воздействует на движущуюся в нём заряженную частицу. Модуль силы Лоренца вычисляется по формуле

$$F_{\text{Л}} = qBv \sin \alpha,$$

где q — абсолютная величина заряда частицы, v — скорость частицы, B — модуль индукции магнитного поля, α — угол между вектором скорости частицы и вектором индукции магнитного поля.

Для определения направления силы Лоренца, действующей на положительно заряженную движущуюся частицу, применяется правило левой руки: если расположить левую руку так, чтобы линии магнитной индукции входили в раскрытую ладонь, а четыре пальца указывали на направление вектора скорости заряженной частицы, то отогнутый на 90° большой палец будет указывать направление силы Лоренца. Для отрицательно заряженной частицы направление силы Лоренца будет противоположным.

Траектория заряженной частицы в магнитном поле

Предположим, что частица движется со скоростью \vec{v} в однородном магнитном поле. Возможны следующие варианты траектории её движения:

1. Если вектор скорости заряженной частицы перпендикулярен направлению вектора индукции магнитного поля, то частица будет двигаться по окружности, лежащей в плоскости, перпендикулярной линиям индукции магнитного поля. Радиус окружности можно определить из формулы

$$F_{\text{Л}} = \frac{mv^2}{R}.$$

Выразим отсюда R с учётом формулы для силы Лоренца и того, что $\sin \alpha = 1$:

$$R = \frac{mv}{qB}.$$

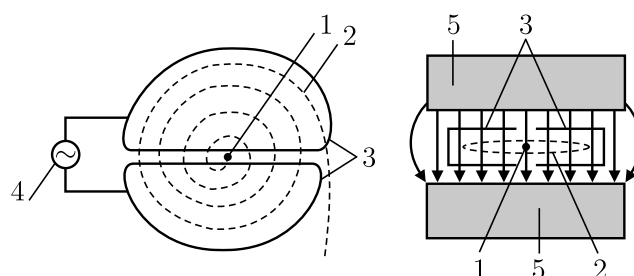
2. Если вектор скорости заряженной частицы коллинеарен вектору индукции магнитного поля, то сила Лоренца, действующая на частицу, равна нулю. Тогда частица будет двигаться прямолинейно с постоянной скоростью.
3. Если угол α между векторами \vec{v} и \vec{B} удовлетворяет неравенству $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, то частица будет двигаться по винтовой линии.

Применение силы Лоренца

Сила Лоренца широко применяется в разнообразных областях электротехники:

- в электронно-лучевых трубках классических телевизоров и мониторов;
- в устройствах ускорения заряженных частиц;
- в лабораторных установках для контролируемых термоядерных экспериментов;
- в магнитогидродинамических генераторах.

Циклотрон — это устройство для ускорения заряженных частиц, которое работает на основе взаимодействия электрических и магнитных полей.



Цифрой 1 на схеме обозначен источник тяжёлых заряженных частиц (протонов и ионов), цифрой 2 — орбита, по которой движется ускоряемая частица, цифрой 3 — ускоряющие электроды (также известные как дуанты), цифрой 4 — генератор ускоряющего поля, а цифрой 5 — электромагнит.

Кроме того, стрелками на правой части рисунка обозначены силовые линии магнитного поля, перпендикулярные плоскости на левой части рисунка.

Принцип работы циклотрона

Заряженные частицы вводятся в центральную часть циклотрона, где они начинают двигаться под воздействием электрического поля, увеличивая свою скорость. Под воздействием магнитного поля частицы начинают двигаться по спиральной траектории. Они проходят через ускоряющие полюса циклотрона многократно, пока не достигнут необходимой энергии для использования в других экспериментах или устройствах. Циклотроны широко применяются в физике частиц для ускорения заряженных частиц до высоких энергий для проведения различных экспериментов.

Фильтр частиц — это устройство в физике, используемое для фильтрации частиц по их заряду, массе или другим характеристикам. Он позволяет производить отбор и анализ частиц в соответствии с заданными параметрами, что может быть полезно в различных физических исследованиях.

Масс-спектрометр — устройство, предназначенное для анализа и определения массы атомов и молекул путём изучения их ионов и поведения под воздействием электрического и магнитного полей. Этот прибор позволяет разделять ионизированные частицы на основе их масс-зарядового соотношения, что позволяет установить состав образцов и изучать их структуру и свойства.