



ОНДУЛЯТОР

Авторы: Е. Г. Бессонов

ОНДУЛЯТОР (франц. *ondulateur*, от *onde* – волна), устройство, в котором создаются электромагнитные поля, действующие на движущиеся в нём заряженные частицы с периодич. силой, среднее значение которой за период равно нулю. Попав в О., частица совершает периодич. колебательное движение и испускает [ондуляторное излучение](#). Заряженную частицу в О. можно считать возбуждённым осциллятором, движущимся равномерно и прямолинейно. Наиболее часто траектории заряженных частиц в О. – синусоиды и спирали.

По виду создаваемых полей О. делятся на 2 типа. В О. 1-го типа поля периодически изменяются в пространстве или во времени (знакопеременное магнитное поле, винтовое магнитное поле, ВЧ-электрич. поле, поле электромагнитной волны и др.). Длина периода траектории частицы задаётся периодом поля О. и в релятивистском случае не зависит от энергии частицы. В О. 2-го типа действуют статич. фокусирующие магнитные и электрич. поля (однородное магнитное поле, скрещенные однородные электрич. и магнитное поля, квадрупольное электрич. поле и др.). В этом случае длина периода траектории частицы определяется фокусирующими свойствами полей (градиентом, величиной), амплитудой колебания частицы (задаётся углом и координатой её вхождения в О.), энергией частицы.

Природные О. – кристаллы. Усреднённое внутрикристаллич. электрич. поле является фокусирующим для заряженной частицы (см. [Каналирование заряженных частиц](#)) и периодич. функцией расстояния, отсчитываемого вдоль прямой, пересекающей кристаллографич. плоскости. Если угол и координата вхождения частицы в кристалл таковы, что она пересекает кристаллографич. плоскости, то кристалл подобен О. 1-го типа. Длина периода траектории частицы в этом случае определяется межплоскостным расстоянием и углом между вектором ср. скорости частицы и

кристаллографич. плоскостями. Если частицы попадают в режим плоскостного или осевого каналирования, то кристалл подобен О. 2-го типа.

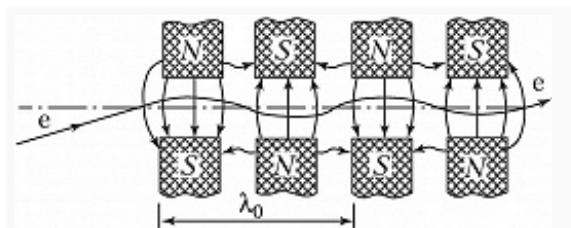


Схема ондулятора со знакопеременным магнитным полем; λ_0 – длина периода траектории электрона e , N и S – северный и южный полюсы магнитов.

В О. с переменным магнитным полем могут использоваться постоянные магниты с чередующимися знаками полюсов (рис.) и электромагниты. В О. на основе электромагнитов, представляющих собой две спирали, сдвинутые относительно друг друга на половину шага намотки и питаемые противоположно направленными токами, создаются винтовые (циркулярно поляризованные) магнитные поля; такие О. называют спиральными. Комбинируя

спиральные О. с одинаковым и разным направлением намотки обмоток, с одинаковым и разным шагом намотки и регулируя токи в обмотках, можно оперативно изменять величину магнитного поля О. и вид его поляризации. Такими методами можно генерировать ондуляторное излучение с разл. свойствами на основной и на высших гармониках.

О. широко используются как источники ондуляторного излучения в [лазерах на свободных электронах](#), в быстродействующих системах индикации протонных пучков высоких энергий, в системах управления параметрами пучков заряженных частиц, в масс-сепараторах, в линейных ускорителях заряженных частиц и др. Комбинации О. 1-го и 2-го типов могут использоваться в масс-спектрометрах, системах ввода ионов в магнитные ловушки и др. Во многих установках целесообразно применение О. с плавно меняющимися параметрами. В таком О. можно, напр., добиться увеличения времени резонансного взаимодействия частиц с электромагнитной волной, расширения диапазона частот ондуляторного излучения.

В О., применяемых в источниках ондуляторного излучения, в ондуляторных линейных ускорителях, в масс-сепараторах и т. д., часто необходимо создавать магнитные поля большой напряжённости. В этих случаях в них обычно используют сверхпроводники,

что позволяет получать магнитные поля напряжённостью до 10^7 А/м.

Литература

Лит.: Алексеев В. П., Бессонов Е. Г. О способах генерирования циркулярно поляризованного электромагнитного излучения на ускорителях и накопителях заряженных частиц // Труды 6-го Всесоюзного совещания по использованию синхротронного излучения «СИ-84». Новосиб., 1985; Бессонов Е. Г. Ондюляторы, ондуляторное излучение, лазеры на свободных электронах // Труды Физического института АН. 1993. Т. 214.