



ЦИКЛОТРОН

Авторы: С. А. Костромин

ЦИКЛОТРОН (от *цикло...* и *...трон*), циклич. резонансный ускоритель заряженных частиц (протонов и ионов). Представляет собой кольцеобразный электромагнит, между полюсами которого помещена вакуумная камера с ускоряющими электродами внутри. Частицы ускоряются локализованным между электродами ВЧ электр. полем постоянной частоты с напряжённостью до нескольких десятков кВ/см, многократно проходя ускоряющий зазор и двигаясь по спиральной траектории в постоянном по времени магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости движения частиц. Частота обращения частиц в Ц. почти не зависит от их скорости (энергии): при многократном прохождении ускоряющего зазора вместе со скоростью частицы увеличивается и радиус её движения, а также средняя (по азимуту) величина магнитного поля.

Ц. изобретён в 1929 Э. О. *Лоуренсом*; в 1931 в Радиационной лаборатории Калифорнийского ун-та (ныне *Берклиевская национальная лаборатория*) осуществлена первая эксперим. демонстрация его действия: на 4-дюймовом (по диаметру полюса электромагнита) Ц. ионы молекулярного водорода были ускорены до энергии 80 кэВ. В СССР первый Ц. с диаметром полюса 1 м построен в *Радиовом институте* в 1937. Через год ускоритель был введён в эксплуатацию, ток ускоренных до 6 МэВ дейтронов составил примерно 40 мкА.

В Ц. можно выделить следующие осн. системы: магнитная (электромагнит с источником постоянного тока), ускоряющая (полые электроды и генератор ВЧ напряжения), ионный источник, вакуумная камера со средствами откачки, система вывода. Ток пучка частиц на выходе из Ц. составляет от нескольких сотен нА до единиц мА, сам пучок является квазинепрерывным.

Ц. подразделяют на классические (с почти однородным, немного спадающим от

центра к радиусу вывода частиц магнитным полем между полюсами) и изохронные (с пространственной вариацией магнитного поля и ростом его среднего по азимуту значения от центра к краям электромагнита). Вариация поля создаётся при помощи переменного по азимуту и радиусу зазора между полюсами электромагнита.

Существуют Ц. с так называемыми разделёнными секторами, в которых магнитная система всего ускорителя состоит из нескольких отдельно расположенных магнитов-секторов.

Энергия пучка, получаемого на совр. Ц., лежит в диапазоне от единиц до нескольких сотен МэВ. На 2017 Ц. производятся на коммерч. основе и используются преим. для решения прикладных задач, а не для фундам. исследований. Так, Ц. применяют в радиационной медицине для облучения ионными пучками злокачественных опухолей, при произ-ве изотопов, изготовлении фильтров на основе трековых мембран, для улучшения свойств полимерных материалов, модификации кристаллов.

Литература

Лит.: Ливингуд Дж. Принципы работы циклических ускорителей. М., 1963; Лебедев А. Н., Шальнов А. В. Основы физики и техники ускорителей. 2-е изд. М., 1991.