

Что такое ускорители частиц?

Сотириос Харисопулос и Вольфганг Пикот

ВАЖНЕЙШИЕ ЭЛЕМЕНТЫ УСКОРИТЕЛЯ ЧАСТИЦ

Ускорители частиц генерируют и ускоряют пучки заряженных элементарных частиц атомного и субатомного размера, таких как электроны, протоны и ионы. Они используются не только для фундаментальных научных исследований, призванных расширить наши представления о материи, но и для множества социально-экономических применений, связанных с вопросами здоровья человека, мониторинга окружающей среды, качества продуктов питания, энергетическими и аэрокосмическими технологиями и другими областями.

Ускорители частиц могут иметь линейную (прямую) или циклическую конструкцию и различные размеры. Они могут насчитывать в длину десятки километров или помещаться в небольшой комнате. Однако конструкция всех ускорителей включает четыре основных элемента:

- 1 источник, который производит заряженные частицы;
- 2 составное устройство, предназначенное для придания частицам энергии и их ускорения путем создания статического или колеблющегося электрического поля;
- 3 последовательно соединенные металлические вакуумные трубы, позволяющие частицам свободно перемещаться без столкновения с молекулами воздуха или пылью, которые могут рассеивать пучок частиц;
- 4 система электромагнитов для управления пучками частиц, их фокусировки или изменения их траектории перед бомбардировкой образца-мишени.



ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПУЧКОВ ЧАСТИЦ



ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

Пучки заряженных частиц применяются для стерилизации медицинского оборудования и производства радиоизотопов, которые необходимы для синтеза радиофармацевтических препаратов, используемых в диагностике и лечении рака. Крупные ускорители помогают уничтожать раковые клетки, выявлять структуру белков и вирусов, оптимизировать вакцины и новые лекарства.



ИССЛЕДОВАНИЯ

Некоторые — самые крупные — ускорители частиц используются для того, чтобы заставить элементарные частицы сталкиваться друг с другом: это позволяет расширить наши знания о Вселенной. Некоторые из этих ускорителей используются также для генерации нейтронов.



ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

В большинстве случаев протонные пучки могут использоваться для обнаружения следовых количеств химических элементов в воздухе, воде или почве. Например, с их помощью можно выявить концентрацию и состав различных загрязняющих веществ и составить уникальный набор признаков, характеризующий качество воздуха.



ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Пучки частиц могут взаимодействовать с атомами материала мишени, например, чтобы сделать материал более прочным.

ТИПЫ УСКОРИТЕЛЕЙ ЧАСТИЦ

УСТАНОВКИ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Установки ионной имплантации широко используются в промышленности, например, для того, чтобы сделать материалы более устойчивыми к повреждениям вследствие износа и частого использования. По всему миру насчитывается около 12 000 установок ионной имплантации, которые помогают изготавливать полупроводники для смартфонов и солнечных батарей и повышать прочность металлических, керамических и стеклянных покрытий. С помощью ионной имплантации можно также повышать надежность материалов, используемых для медицинских имплантатов.

ЛИНЕЙНЫЕ УСКОРИТЕЛИ

Длина линейных ускорителей может варьироваться от нескольких метров до нескольких километров. Многие из них используются в научных исследованиях. Линейные ускорители медицинского назначения, которые устанавливаются в больницах, формируют серии импульсов рентгеновского излучения, направляемые на опухолевые клетки для их уничтожения. По всему миру работает около 1000 медицинских линейных ускорителей.

СИНХРОТРОНЫ

Более 70 расположенных в разных странах мира синхротронов можно считать настоящими гигантами среди ускорителей частиц. Они используются для научных исследований и помогают ученым понять фундаментальные законы существования нашей Вселенной. Ученые используют синхротроны для изучения различных проблем в области химии, биомедицины, природного и культурного наследия, окружающей среды и многих других предметных областях.

ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВЫЕ УСКОРИТЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В мире действует почти 10 000 электронно-пучковых ускорителей. С их помощью можно, например, сделать материалы более долговечными в условиях экстремальных температур или устойчивыми к воздействию химических веществ. Кроме того, электронные пучки применяются для стерилизации медицинских препаратов и продуктов питания, а также для дезинфекции сточных вод. Они находят широкое применение в автомобильной и аэрокосмической промышленности, в машиностроении, а также в производстве медицинской продукции.

ЦИКЛОТРОНЫ

Более 1200 имеющихся по всему миру циклотронов используются для получения пучков ускоренных протонов или дейтронов для медицинских целей. Они нужны для производства радиоизотопов, которые используются для медицинской визуализации при диагностике и лечении раковых заболеваний. Многие циклотроны расположены в больницах и служат для производства радиофармпрепаратов на основе короткоживущих радиоизотопов.

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ УСКОРИТЕЛИ

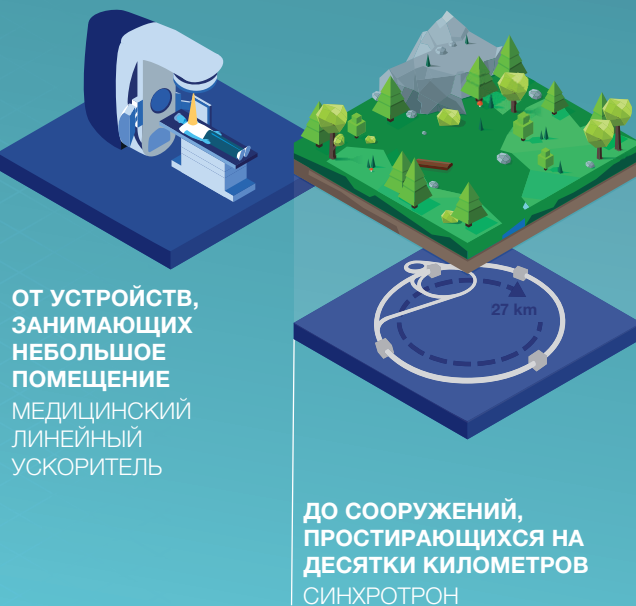
Электростатические ускорители, в частности тандемные ускорители, представляют собой менее дорогостоящие установки. Ученые используют их для исследования свойств материалов, мониторинга окружающей среды, обеспечения биомедицинских исследований, изучения объектов культурного наследия и многих других задач. По прогнозам экспертов, в ближайшие годы количество таких установок, которых в мире в настоящее время насчитывается около 300, будет расти.

НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ
НАСЧИТЫВАЕТСЯ БОЛЕЕ

20 000

УСКОРИТЕЛЕЙ ЧАСТИЦ,
НАХОДЯЩИХСЯ В
ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПО ВСЕМУ МИРУ

РАЗМЕРЫ



ОТ УСТРОЙСТВ,
ЗАНИМАЮЩИХ
НЕБОЛЬШОЕ
ПОМЕЩЕНИЕ
МЕДИЦИНСКИЙ
ЛИНЕЙНЫЙ
УСКОРИТЕЛЬ

ДО СООРУЖЕНИЙ,
ПРОСТИРАЮЩИХСЯ НА
ДЕСЯТКИ КИЛОМЕТРОВ
СИНХРОТРОН