

Ciclotrão

Miguel Ferreira

Faculdade de Ciências Universidade do Porto

CITAÇÃO

Ferreira, M. (2014)

Ciclotrão,

Rev. Ciência Elem., V2(04):254

doi.org/10.24927/rce2014.254

EDITOR

José Ferreira Gomes,

Universidade do Porto

RECEBIDO EM

21 de julho de 2011

ACEITE EM

03 de outubro de 2011

PUBLICADO EM

31 de dezembro de 2014

COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2014.

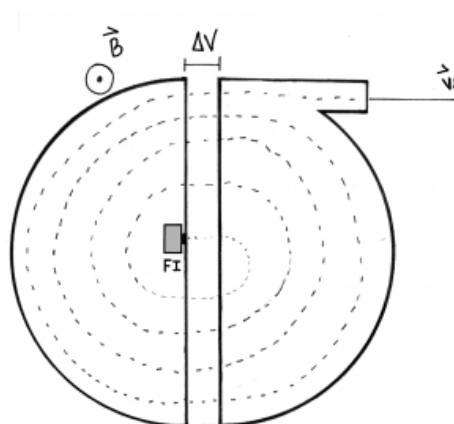
Este artigo é de acesso livre, distribuído sob licença Creative Commons com a designação [CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite a utilização e a partilha para fins não comerciais, desde que citado o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org



O ciclotrão é um instrumento utilizado para acelerar partículas carregadas até altas energias cinéticas.

O ciclotrão é constituído por dois condutores semi-circulares ocios mantidos no vácuo e dispostos de maneira a formar dois D separados (ver FIGURA 1). Entre estas duas peças aplica-se uma diferença de potencial alternada, cuja frequência é ajustada de modo a que, quando as partículas alcançam a separação entre os dois D, estas sejam aceleradas no mesmo sentido da sua velocidade. Na região dos D 's existe um campo magnético uniforme, independente do tempo, cuja direção é perpendicular ao plano dos D 's.



Representação esquemática de um ciclotrão visto de cima. O campo magnético \vec{B} aponta para fora da página, ΔV é a diferença de potencial entre as duas peças, v_f é a velocidade final da partícula e FI representa a fonte de íons que vão descrever trajetórias semi-circulares no ciclotrão.

Consideremos, por simplicidade, o caso não relativista.

Uma partícula eletricamente carregada em movimento, sujeita à ação de um campo magnético uniforme perpendicular à sua velocidade, descreve uma trajetória circular cujo período é independente da velocidade:

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

Os íons produzidos pela fonte, FI, colocada no centro do sistema formado pelos dois D 's, são acelerados pela diferença de potencial entre os D e, ao entrarem num deles, descrevem uma trajetória semi-circular até atingir, ao fim do intervalo de tempo $\frac{T}{2}$, a separação

entre os D. Entretanto, a diferença de potencial entre os D mudou de sentido e os íons são acelerados, aumentando a sua energia cinética. No segundo D, o raio da trajetória semicircular é maior do que no primeiro, porque a velocidade da partícula é agora maior do que anteriormente. A partícula volta a alcançar a separação entre os D, passado o intervalo de tempo $\frac{T}{2}$ desde a entrada no segundo D. Se a frequência de oscilação do potencial elétrico for $f = \frac{qB}{m\pi}$, há uma alternância do sentido da diferença de potencial aceleradora cada $\frac{T}{2}$ segundos, garantindo que a partícula será acelerada no sentido da sua velocidade, ou seja, havendo sempre um aumento da sua energia cinética, no valor de $q\Delta V$.

O processo descrito atrás repete-se várias vezes até que uma placa defletora desvia a partícula para fora do sistema. A energia cinética da partícula que sai do ciclotrão está relacionada com o raio máximo que esta descreve antes de sair do sistema: Sabe-se que o raio de uma partícula de carga q sujeita ao efeito de um campo magnético constante é $r = \frac{mv}{qB}$, então $mv^2 = \frac{q^2 B^2}{m} r^2$ e $E_{cin} = \frac{1}{2} \frac{q^2 B^2}{m} R_{max}^2$.

Aumento relativista da massa

Velocidade tal que os efeitos relativistas se tornam apreciáveis, a sua massa efetiva vai aumentar e vai depender da velocidade a que se movimenta. Por essa razão, o tempo que demora a percorrer o a trajetória circular vai deixar de ser independente da sua velocidade:

$$T(v) = \frac{2\pi m(v)}{qB}$$

em que $m(v) = \gamma m_0$

em que m_0 é a massa de repouso da partícula e $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ o fator de Lorentz.

A sincronização que havia no regime não-relativista entre o movimento da partícula e as oscilações da diferença de potencial deixa de existir. Diz-se que a partícula e a oscilação do potencial estão desfasados. Para terminar, chama-se a atenção de que uma carga acelerada perde energia por radiação.