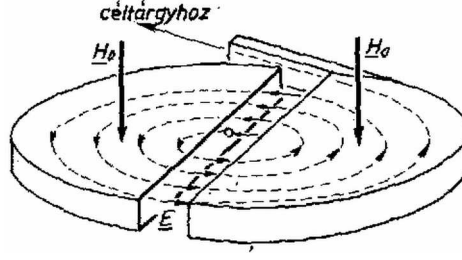


Ciklotronban a töltött részecske H homogén mágneses tér és nagyfrekvenciás E elektromos tér együttes hatása alatt mozog. A gyorsító elektromos tér csak a duánsok közötti térrészben hat (l. az ábrát).



A $\mathbf{H}$ homogén mágneses tér a Q töltésű, $\mathbf{v}$ sebességű részecskéket körpályára kényszeríti. A körpályán való mozgáshoz szükséges centripetális erőt a töltött részecskére ható Lorentz-erő szolgáltatja, amelynek nagysága

$$(1) \quad F_L = Q \cdot v \cdot H = mv^2/R,$$

iránya merőleges a $\mathbf{H}$ és $\mathbf{v}$ vektorok által meghatározott síkra (R a körpálya sugara, m a részecske tömege).

A részecske keringési ideje:

$$(2) \quad T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{Q \cdot H},$$

független a körpálya sugarától és a részecske sebességétől, a részecskére jellemző adatok (tömeg, töltés) mellett csak a mágneses térerősségtől függ. Ha eltekintünk a nagy sebességeknél fellépő relativisztikus tömegnövekedéstől, akkor a mozgás során a keringési idő állandó.

A duánsok közti elektromos tér akkor fogja maximálisan gyorsítani a részecskéket, ha azok a maximális feszültségértéknél lépnek az elektródák közötti térrészbe. Tehát az elektromos térnek pontosan olyan ütemben kell változnia, mint ahogy a részecskék egy-egy félfordulatot megtesznek. Tehát a keringési idő és a váltakozó feszültség frekvenciája közötti kapcsolat (rezonanciafeltétel):

$$(3) \quad f = 1/(2T) = 1/(4\pi) \cdot (Q/m)H.$$

A ciklotronok általában fix frekvencián, változtatható mágneses térerősséggel dolgoznak. A (3) rezonanciafeltétel különböző részecskék esetén más és más térerősség értékeknél teljesül. Konkrétan a proton és deuteron esetén a térerősségek közötti összefüggés a következő:

$$(4) \quad H_{\text{proton}} = (1/2)H_{\text{deuteron}} \equiv H_0.$$

Ha a (3) rezonanciafeltétel teljesül, akkor adott R_0 sugarú mágneses térben az elérhető maximális sebesség és energia:

$$(5) \quad v_{\text{max}} = R_0 \cdot (Q/m) \cdot H,$$

$$(6) \quad E_{\text{max}} = (1/2)mv_{\text{max}}^2 = (1/2)R_0^2(Q^2/m) \cdot H^2.$$

Proton, ill. deuteron esetén tehát (4) figyelembevételével az elérhető maximális energia

$$(7a) \quad E_{\text{max}}^{\text{proton}} = (1/2)R_0^2 \cdot (Q_p^2/m_p) \cdot H_0^2,$$

$$(7b) \quad E_{\text{max}}^{\text{deuteron}} = (1/2)R_0^2 \cdot (Q_d^2/m_d) \cdot (2H_0)^2 \equiv R_0^2 \cdot (Q_p^2/m_p) \cdot H_0^2.$$

A ciklotronból kilépő deuteronok energiája tehát a protonok energiájának kétszerese lesz.

Megjegyzés. A (3) összefüggés alapján nyilvánvaló, hogy különböző fajlagos töltésű részecskék ugyanazon ciklotronnal csak akkor gyorsíthatók, ha vagy a váltakozó tér frekvenciája, vagy a mágneses tér erőssége változtatható. A jelenleg működő ciklotronok túlnyomó többségénél, – gyakorlati okokból – az utóbbi megoldást választották.

Elvileg lehetséges a ciklotron működtetése adott mágneses térrel, és változtatható frekvenciával. Ha a kívánt rezonanciafeltétel szabadon beállítható, akkor (6) alapján

$$(8a) \quad E_{\text{max}}^{\text{proton}} = (1/2)R_0^2 \cdot (Q_p^2/m_p) \cdot H_0^2,$$

$$(8b) \quad E_{\text{max}}^{\text{deuteron}} = (1/2)R_0^2 \cdot (Q_d^2/m_d) \cdot H_0^2 \equiv (1/4)R_0^2 \cdot (Q_p^2/m_p) \cdot H_0^2.$$

adódik. Egy így működő ciklotronban tehát a protonok gyorsulnának jobban, energiájuk éppen a deuteronok energiájának kétszerese lenne.