

Kruhové urychlovače

V urychlovačích částic se s pomocí silných magnetických a elektrických polí uměle zvyšuje rychlost nabitých částic. Kruhové urychlovače, jak už název napovídá, mají dráhu stočenou do kruhu.

Historie

Ernest Rutherford (počátek 20. století) objevil jako první jádro atomu (Nobelova cena za chemii). Po 1. světové válce docílil transmutační přeměny prvků. Hledal způsob, jak rozbít jádro atomu, a zde se poprvé objevuje myšlenka urychlování částic.

Rolf Widerøe (první polovina 20. století) sestrojil po prvotních nezdarech plně funkční lineární urychlovač.

Ernest Orlando Lawrence (první polovina 20. století) sestrojil první kruhový urychlovač, za což získal Nobelovu cenu. Urychlovače se stále zvětšovaly a vylepšovaly.

CERN (druhá polovina 20. století) jako mezinárodní vědecká laboratoř pro jaderný výzkum počala jako pokus o zlepšení stavu vědy v poválečné Evropě.

Dělení urychlovačů

Kruhové urychlovače

Částice urychluje elektrické pole. Jejich dráha je uspořádána cyklicky, což umožňuje dipólové magnetické pole, které je drží na kruhové dráze. Výhodou cyklických urychlovačů je možnost pomalu opakovaně zvyšovat rychlost částic. Nevýhodou je pak složitější ladění elektronového svazku a ztráta energie během letu brzdícím zářením.

Lineární urychlovače

Urychlují částice během jejich pohybu po lineární přímkové dráze. Jejich výhodou je nepotřeba dipólového magnetického pole a jednodušší fokusace. Nevýhodou je, že částice může urychlovačem proběhnout jen jednou. Dráha tedy musí být velmi dlouhá.

Betatron

Betatron je cyklický urychlovač částic, v podstatě se jedná o transformátor s TORUS-SHAPED elektronkou jako sekundární cívkou. Střídavý proud v primárních cívkách urychluje elektron ve vakuu po kruhové dráze. Betatron byl prvním důležitým přístrojem na produkci vysokoenergetických elektronů.

Historie

Jako první s nápadem přišel norský fyzik Rolf Widerøe, jehož vynález indukčního urychlovače neuspěl kvůli nedostatku příčného zaostření. Ve 40. letech 20. století se objevily snahy o zkonstruování na území Německa, a to díky Maxi Steenbeckovi. Samotný betatron zdokonalil k urychlení elektronů, v roce 1940, Donald Kerst na Univerzitě v Illinois.

Využití

Betatrony byly dříve používány v experimentech částicové fyziky k zajištění vysoké energie elektronových paprsků, až do 300 MeV. Při nasměrování elektronového paprsku na kovovou desku můžeme betatron využít jako zdroj rentgenového nebo gamma záření. Dané rentgenové záření má uplatnění v průmyslu a ve zdravotnictví (dříve například v radiační onkologii).

Zmenšené verze betatronů byly také použity k zajištění elektronů převedených na tvrdé rentgenové záření, při vývoji experimentálních nukleárních zbraní.

První soukromé zdravotnické radiační centrum na léčbu pacientů s rakovinou za pomoci betatronů bylo otevřeno doktorem O. Arthurem Stiennonem ve městě Madison, stát Wisconsin, na konci padesátých let.

Omezení

Maximální energie, kterou může betatron udělit, je limitována silou magnetického pole v důsledku nasycení železa a praktickou velikostí magnetického jádra. Další generace urychlovačů, synchrotrony, tyto nedostatky překonaly.

Cyklotron

Cyklotron je základní typ kruhového urychlovače, který navrhl E. Lawrenc jako vůbec první kruhový urychlovač. Jeho magnetické pole je konstantní a mezi elektrodami se vyskytuje vysokofrekvenční elektrické pole (duanty).

Stavba cyklotronu

Cyklotron se skládá ze dvou polokruhových kovových poloválců (duantů: D1, D2 viz obr.) umístěných ve vzduchoprázdném prostoru, který slouží jako urychlovací mezera. Prostor je ohraničen dvěma póly elektromagnetu, které jsou připojeny na vysokofrekvenční generátor střídavého napětí. Aby nebyl vakuový prostor příliš velký, využívá se urychlovačů s pevnou kruhovou dráhou.

Princip

Pohybující se částice uvnitř dvou duantů jsou umístěny mezi póly obrovského magnetu. Duanty jsou připojeny na vysokofrekvenční generátor napětí. Silné magnetické pole zakříví dráhu částice, která je emitována ze zdroje a v duantu opisuje normálně půlkruhovou dráhu. Oba duanty střídavě přitahují částici, vždy, když se vyskytne u opačně nabitého duantu, čímž způsobují urychlování částice. Urychlené částice se vychylují díky záporně nabitě deštičce ze spirálové dráhy do výstupního okénka. Podrobněji například zde viz cyklotron (<http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm#Cyklotron>).

Speciální typy cyklotronů

Synchotron se používá pro urychlení částic na velmi vysokou energii (řádově 100GeV až několik TeV). Pro příliš velkou velikost a finanční náročnost, nemá synchotron praktické využití. Užívá se jen v nadnárodních výzkumných laboratořích jaderné fyziky.

Mikrotron je speciálním typem cyklotronu, který se používá při urychlování elektronů. Mezi pólovými nastavci silného elektromagnetu je umístěna vakuová komora s vysokým vakuem. Místo duantů zde zastupuje elektrický urychlovací systém, dutinový rezonátor. Mikrotrony se využívají na urychlení elektronů v rychlosti řádově MeV. Jejich výhodou je dosažení vysokých intenzit toku urychlených elektronů ve svazku.

Izochronní cyklotron má magnet rozdělen na sektory, kde je střídavě silné a slabé magnetické pole. To umožňuje vytvořit mnohem větší proud paprsků než synchrociklotron.

Využití

Cyklotrony se používají k urychlení těžkých nabitých částic (protonů, deuteronů, částic alfa a iontů) po spirální dráze. Pomocí cyklotronu se vyrábějí radionuklidy, které se poté uplatňují v lékařství a v jiných oborech.

Odkazy

Externí odkazy

- CERN

Zdroje

- HUŠÁK, Václav. *ZDROJE IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ* [online]. [cit. 2015-01-05]. <http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kra/externi/kra_7169/ch01.htm>.
- NAVRÁTIL, Leoš. *RADIOBIOLOGIE* [online]. [cit. 2015-01-05]. <<http://fbmi.sirdik.org/4-kapitola/43/431.html#cyklotron>>.
- ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika. 1.5. Elementární částice* [online]. [cit. 2015-01-05]. <<http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm#Cyklotron>>.
- NAVRÁTIL, Vladislav. *Urychlovače elementárních částic* [online]. [cit. 2015-01-05]. <<https://is.muni.cz/th/cbysw/bc.txt?so=nx>>.
- ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika. 1.5. Elementární částice* [online]. [cit. 2015-01-05]. <<http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm#KruhUrychlovace>>.
- WIKIPEDIA CONTRIBUTORS,. *Betatron* [online]. [cit. 2015-01-05]. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Betatron>>.
- WIKIPEDIA CONTRIBUTORS,. *Rolf Widerøe* [online]. [cit. 2015-01-05]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Rolf_Wider%C3%B8e>.



Schematické znázornění cyklotronu



Cyklotron v Center for Systems Imaging

