

Můžeme od sebe odlišit jádra uhlíku a helia?

M. Kalda*, M. Zmátlová**

Ústav fyziky plazmatu AV ČR v.v.i.

Gymnázium Tišnov*, Gymnázium Třebíč**

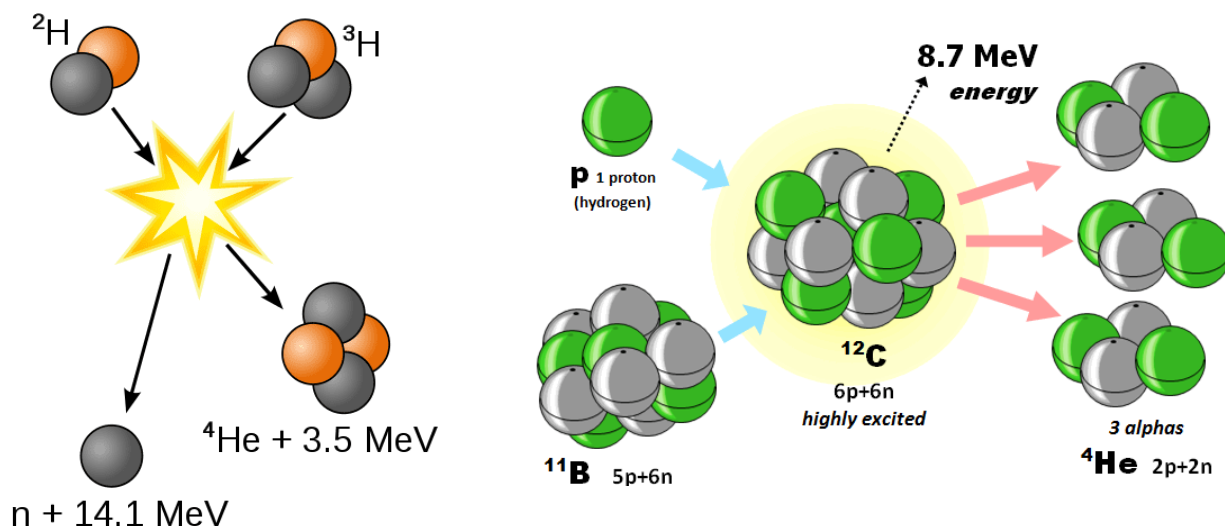
martin.kalda07@gmail.com*, marketa@zmatlovi.cz**

Abstrakt:

Cílem práce bylo vytvořit model aparatury, která by byla schopná odlišit alfa částice od dalších iontů, např. uhlíku nebo bóru. Alfa částice jsou v podstatě jádra helia, jelikož jsou složeny z 2 protonů a 2 neutronů. Odlišení alfa částic od ostatních iontů je důležité k tomu, abychom zjistili, jestli proběhla proton-bórová fúze. Při pB fúzi se neprodukuje žádné neutrony, kvůli kterým by vznikala jaderný odpad. Standardně se k detekci používá Thompsonova parabola, u ní ale nejde jednoznačně zjistit, jestli jsme detekovali alfa částici, a ne například iont uhlíku nebo právě bóru, jelikož poměr hmotnosti ku náboji je 2,00075, 2 či 2,20186.

1 Úvod

Proton-bórová fúze je fúze, při které se, na rozdíl od slučování deuteria s tritiem, neprodukuje neutrony, a tak nevznikají problémy například spojené s ionizujícím zářením, nebo s poškozováním reaktoru. Další výhodou proton-bórové fúze je, že vznikají nabitě 3 alfa částice, které můžeme následně rovnou přeměnit v elektrický proud a neztratíme část energie, která při DT fúzi uniká při konverzi mezi tepelnou a elektrickou energií. K provedení pB fúze je ale potřeba desetkrát vyšší teplota než při DT fúzi. Proto se pB fúze zatím ještě moc nevyužívá.



2 Postup práce

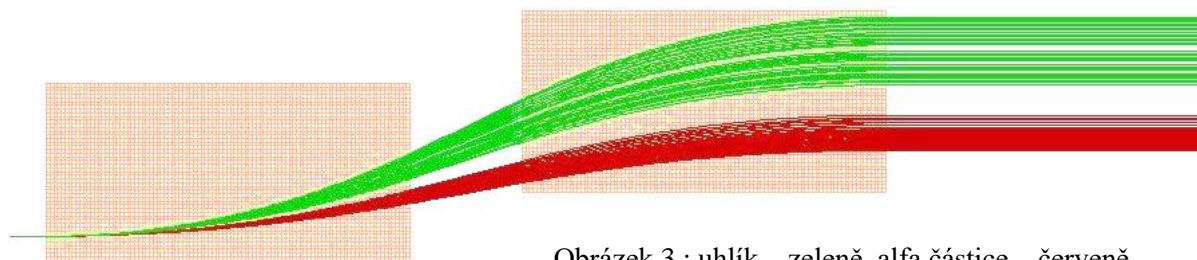
Pracovali jsme pomocí simulačního softwaru pro návrh iontové optiky SIMION. V tomto softwaru jsme se snažili navrhnout aparaturu magnetů, která by nejen směřovala ionty a alfa částice do dvou různých bodů, ale také by nakonec odstínila všechny ionty kromě alfa částic.

$$r = \frac{mv}{QB}$$

Diagram znázorňuje vztah mezi proměnnými v rovnici. V centru je rovnice $r = \frac{mv}{QB}$. Čtyři šipky ukazují na jednotlivé složky: 'hmotnost částice' (m) směřuje nahoru, 'velikost rychlosti' (v) směřuje doprava, 'elektrický náboj' (Q) směřuje dolů a 'velikost magnetické indukce' (B) směřuje doleva. 'poloměr křivosti' (r) je označen vlevo od rovnice.

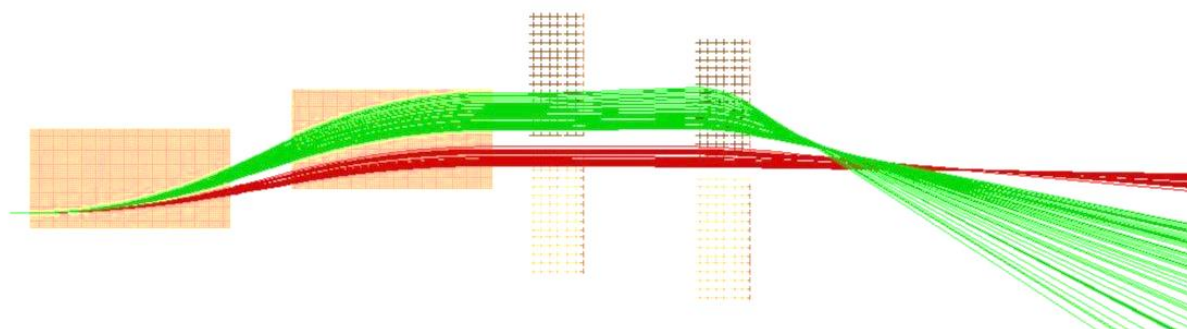
Při průchodu magnetickým polem mají částice různé trajektorie, protože mají odlišnou hmotnost, rychlost a elektrický náboj. Proto mají také jinou velikost poloměru křivosti trajektorie.

Nejprve jsme vytvořili dva magnety s opačně orientovanými póly, které jsme umístili tak, aby se oddělily alfa částice od uhlíku do rovnoběžných proudů. (Obr. 3.)



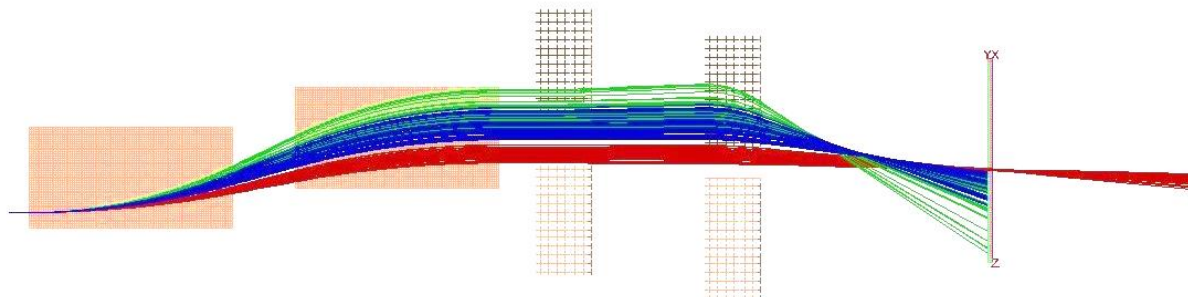
Obrázek 3.: uhlík – zeleně, alfa částice – červeně

Následně jsme se pokusili soustředit každý proud do jednoho ohniska, abychom mohli do nejužšího bodu proudu alfa částic dát clonu s otvorem, a tím odclonit ionty uhlíku. To jsme udělali přidáním kvadrupólových magnetů. Kvadrupólový magnet se chová jako čočka pro nabitě částice – v jedné rovině je soustředí do jednoho ohniska, ve druhé je naopak rozptyluje. Použili jsme dva kvadrupólové magnety. První na rozptýlení, aby se nám složky dostaly trochu dál od sebe a druhý na soustředění každého z proudů do jednoho bodu, který je pro každý proud jinak daleko. (Obr. 4.)



Obrázek 4.: uhlík – zeleně, alfa částice – červeně

Nakonec jsme přidali clonu, aby prošly pouze dále využitelné alfa částice, a také jsme přidali ionty bóru, abychom se přesvědčili, že clona odstíní i je. (Obr. 5.)



Obrázek 5.: bor – modře, uhlík – zeleně, alfa částice – červeně

Práci jsme prováděli v omezeném rozpětí kinetické energie částic, které bylo pouze 2–4 MeV. V reálných podmínkách je kinetická energie typicky mezi 2,5 a 10 MeV, takže by se částice chovaly jinak a návrh reálné funkční aparatury by musel být trochu jiný.

3 Shrnutí

Při práci jsme se snažili o teoretické vytvoření aparatury, díky které bychom byli schopni odlišit částice alfa, ionty bóru a uhlíku. To se nám povedlo, ale v reálu by to nefungovalo tak přesně, jelikož pracujeme s menším rozpětím energií částic. Návrh naší soustavy také nepočítá s okrajovými jevy magnetických polí.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat hlavně panu Ing. Pavlu Gajdošovi za vedení, pomoc a rady při práci.

Reference

- [1] Picciotto, A.; et al. Boron-Proton Nuclear-Fusion Enhancement Induced in Boron-Doped Silicon Targets by Low-Contrast Pulsed Laser. *Phys. Rev. X* 2014, 4, 031030.
- [2] [online]. In: . [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: <https://fusionandthings.eu/wp-content/uploads/2019/06/fus-reaction-p-b112.png>
- [3] Diagram of the deuterium-tritium fusion reaction. [online]. In: . [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: https://www.fusionenergybase.com/static/6f19817a60b49eaed023d31f99fec639/48c0e/D-T_fusion.png
- [4] S.I.S. Inc., SIMION3D Version 8.0, <https://simion.com>, 2007