

Vývoj nové metody nepřímého určování astrofyzikálních S – faktorů

Nová metoda nepřímého určování astrofyzikálních S -faktorů pro reakce syntézy ve stelárních cyklech byla vyvinuta ve spolupráci s Texas A&M University (TAMU) [A3-1,13,18]. Tato metoda je dnes již všeobecně známá jako metoda Asymptotických Normalizačních Koeficientů (ANC) a byla ověřena v řadě laboratoří. Její hlavní výhoda spočívá v tom, že tyto koeficienty, které mají povahu univerzálních konstant, lze určovat při mnohem vyšších energiích.

Základní test metody byl realizován v ÚJF AV ČR na cyklotronu U-120M ve společném experimentu studia reakce $^{16}\text{O}(^3\text{He},d)^{17}\text{F}$. Bylo zjištěno, že nová metoda určování astrofyzikálních S – faktorů přímé syntézy pomocí ANC získaných z periferních reakcí protonového přenosu typu $(^3\text{He},d)$, dovoluje tyto veličiny určovat s přesností lepší než 8 – 9 %. Metoda je používána v mnoha světových laboratořích a patří k principiálním nepřímým metodám.

Určení S – faktoru syntézy jádra ^8B

Tato práce byla realizována na radioaktivním svazku ^7Be supravodivého cyklotronu partnerského pracoviště v TAMU jako společný experiment. Byly studovány zejména reakce $^{10}\text{B}(^7\text{Be},^8\text{B})^9\text{Be}$ a $^{14}\text{N}(^7\text{Be},^8\text{B})^{13}\text{C}$. Nezbytná komplementární měření v reakcích $^9\text{Be}(^3\text{He},d)^{10}\text{B}$ a $^{13}\text{C}(^3\text{He},d)^{14}\text{N}$ byla provedena na svazku ^3He cyklotronu v ÚJF. Změření astrofyzikálního S - faktoru reakce přímého zachytu $^7\text{Be}(p,g)^8\text{B}$ pro solární energie znamenalo vklad k řešení známého problému neutrinového deficitu, neboť potvrdilo nižší hodnotu příslušného S – faktoru než se očekávalo [A3-2,3,12,17,24].

Určení intenzity syntézy $^{14}\text{N} + p @ ^{15}\text{O}$

Tato reakce je klíčovou v celém CNO cyklu neboť určuje energetický výstup cyklu. Dominuje v ní mechanismus přímého zachytu do podprahového vázaného stavu v jádře ^{15}O . Reakce $^{14}\text{N}(^3\text{He},d)^{15}\text{O}$ byla studována na cyklotronu ÚJF při energii svazku ^3He 26.3 MeV.

Byla získána zatím nejpresnější hodnota celkového astrofyzikálního S – faktoru radiačního zachytu $^{14}\text{N}(p,g)^{15}\text{O}$. Aplikace ANC metody jej umožnila určit pro astrofyzikální oblast energií [A3-26,27,29].

Měření S – faktoru reakce $^{11}\text{C} + p @ ^{12}\text{N}$

Astrofyzikální S – faktor pro syntézu $^{11}\text{C}(p,g)^{12}\text{N}$ byl určen metodou ANC pomocí reakce $^{14}\text{N}(^{11}\text{C},^{12}\text{N})^{13}\text{C}$ [A3-25]. V syntéze $^{11}\text{C} + p @ ^{12}\text{N}$ dominuje při energiích v astrofyzikální oblasti nerezonanční zachyt protonu. Vliv vzdálenějších rezonancí byl analyzován v rámci R – maticové aproximace. Bylo zjištěno, že hodnota celkového S – faktoru je značně větší než současné teoretické předpovědi což zvyšuje pravděpodobnost postupného generování CNO cyklů i v supermasivních hvězdách a jejich stabilizaci proti gravitačnímu kolapsu do černé díry. Takovéto hvězdy ve své finální fázi vývoje explodují jako supernovy.