

PhD beszámoló

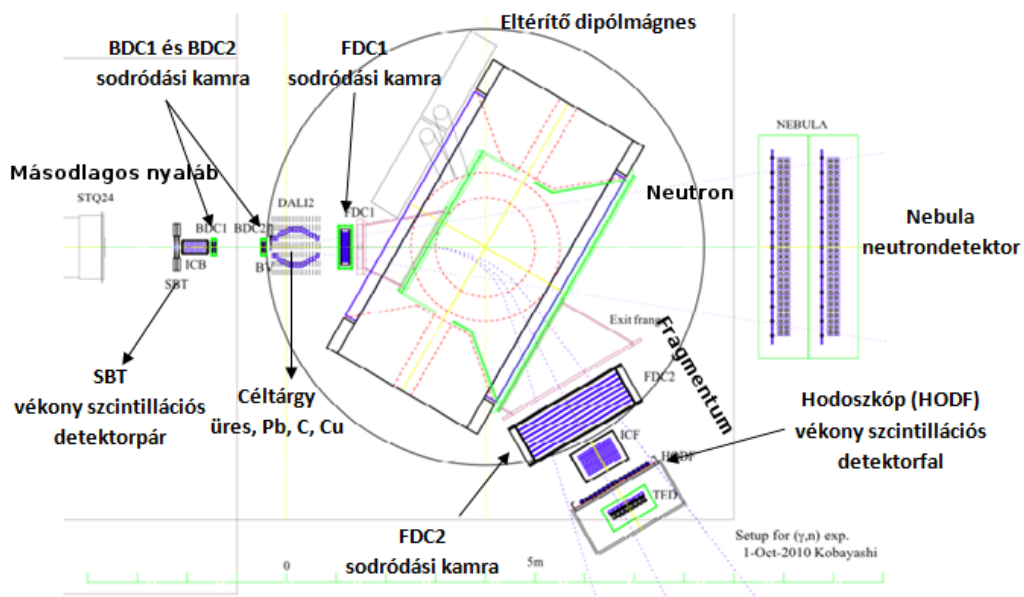
2. félév

Hegedüs Dávid
email: hegedav@caesar.elte.hu; hegedav@gmail.com

Cím: Könnyű atommagok elektromágneses szétesésének kísérleti vizsgálata
a RIKEN Samurai kísérletében

Témavezető: Horváth Ákos

A PhD munkám során a japán Riken kutatóintézetben korábban elvégzett magfizikai, radioaktív nyalábos kísérlet adatainak a kiértékelésével foglalkozok. A végső cél a $^{15}\text{C}(\gamma, n)^{14}\text{C}$ reakciónak és az inverz (asztrofizikai jelentőségű) folyamatnak a részletes vizsgálata a kísérlet adatszettjében található ^{15}C másodlagos nyalábú adatsorok kiértékelésével. Az EM gerjesztést a nagy rendszámú céltárgyi atommag (ólm) elektrosztatikus terében relativisztikus sebességgel való elhaladás szolgáltatja. A kísérleti elrendezés vázlatja, az említésre kerülő detektorok bejelölésével, az alábbi ábrán látható:



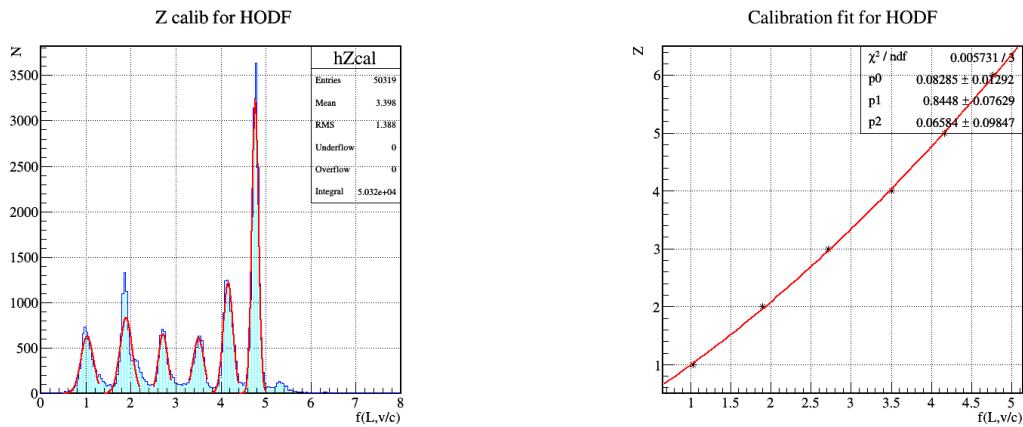
1. A rendszám (Z) számolása szcintillátor detektorok adataiból

Az atommagok azonosítását $Z - A/Z$ ábrák alapján végzem a céltárgy előtt és után is. Az előző beszámoló 6. pontjában már részleteztem hogyan határoztam meg a fragmentum $B\rho$ értékét és ebből az A/Z -t ($B\rho = \gamma mv/q$). Ezt a nyalábra is megtettem, aminél $B\rho$ -nak a fragmentum szeparátor utolsó dipól mágnesen beállított centrális $B\rho$ értéket vettem. A részecskeazonosítási ábrához már csak a rendszámot kell meghatározni. Ezt mind céltárgy előtt, mind utána plasztik szcintillátor detektorokban mért fényhozamból határoztam meg a sebesség ismeretében. Céltárgy előtt könnyű dolgom volt, a Bethe-Bloch formula teljes alakját felhasználva leosztottam a fényhozamot a sebességfüggésével. Az ehhez szükséges detektor anyagára jellemző ionizációs energiát a William R. Leo: Techniques for nuclear and particle physics experiments könyvből vett módszerrel becsültem meg. Sok runra a sebességfüggetlen fényhozam felhasználásával illesztettem egy kalibrációs egyenest, amivel már minden eseményre meghatározható a mért szcintillációs jel nagyságából a rendszám (a nyalábsebesség felhasználásával). A fragmentumra ugyanezt elvégeztem a hodoszkóp segítségével, de sajnos bizonyos fontos runokra a hodoszkóp egyes detektorrúdjai által mért fényhozamok között abnormalis eltéréseket tapasztaltam, ami a Z eloszlásokban eltéréseket eredményezett. Ezért először részletesen vizsgáltam a sebességfüggés levonásának helyességét. Miután ez rendben volt, a korábbihoz hasonló módszerrel, csak ezúttal egy szén céltárgyas run felhasználásával (sok különböző fajta termék, így több illesztési pont) az alábbi másodfokú függvény illesztésével számoltam a Z -t (a korábbi módszer is hasonló, csak 1. rendig):

$$f(L, \beta) = \frac{L(HOD)}{\sqrt{\ln \frac{2m_e \beta^2}{I(1-\beta^2)} - \beta^2}} \cdot \beta \quad (1)$$

$$Z = p_0 \cdot f(L, \beta)^2 + p_1 \cdot f(L, \beta) + p_2 \quad (2)$$

Ennek az illesztése az 1. ábrán látható. Ugyanezt több runra is elvégeztem. Habár ez pontosabb Z kalibrációt eredményezett, a fenti probléma még mindig fennáll, a kísérlet vezetőivel akarom majd megvitatni, hogy pontosan mi a forrása.



1. ábra. A HODF fényhozamának rendszámmá kalibrálása másodfokú függvényvel egy $^{15}\text{C} + \text{C}$ runra.

Fragmentumok sebességének végleges pontosítása a pályakövetés felhasználásával

Az előző beszámoló 5. pontjában a fragmentum sebességének meghatározására ismertettem egy módszert, amely során a repülési idő mellett szükséges repülési távolságot a dipól mágnesben a $B\rho$ -ból becsültem meg. Ezt úgy pontosítottam, hogy a fontos fizikai runokra ($^{15}\text{C} + \text{Pb}/\text{C}$) ezt a fragmentum sebességet felhasználva Runge-Kuttával végigkövettem az FDC1 (driftkamra a mágnes előtt) detektortól az atommag pályáját egy 3D-s mágneses tér térképben a runok minden egyes eseményére. Az ezzel kapott pályahossz (minden eseményre különböző) alapján újraszámoltam a fragmentum sebességét.

A gerjesztési energia és az impakt paraméter meghatározása

A nyalábbeli atommag által elnyelt gerjesztési energiát invariáns tömeg módszerrel határozható meg. Ehhez először kiszámolom az un. relatív energiát (K_{rel}), amit az invariáns tömegen keresztül a laborrendszerből a tkp. rendszerbe való áttéréssel definiálok:

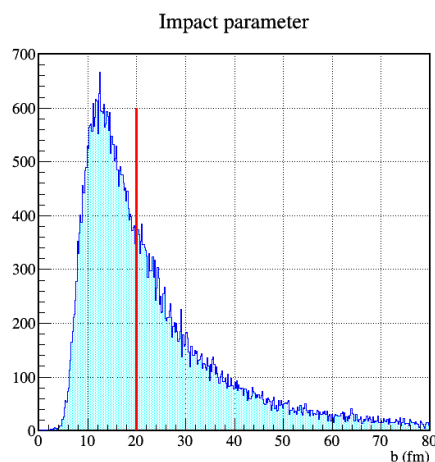
$$M_0c^2 = \sqrt{(E_1 + E_2)^2 - (\underline{p}_1 + \underline{p}_2)^2c^2} = E_{tkp} = K_{rel} + m_1c^2 + m_2c^2$$

ahol az 1, 2 indexek a fragmentumot és a neutront jelenti. Az M_0c^2 a nyaláb atommag (^{15}C) nyugalmi energiájából (mivel a nyaláb rendszerében vagyunk) és a felvett energiából (E_x) tevődik össze. Ebből kifolyólag a gerjesztési energia

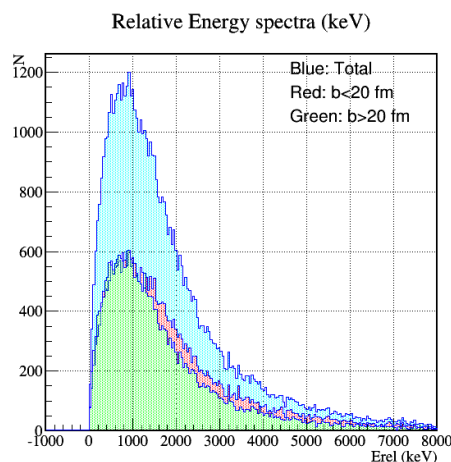
$$\begin{aligned} m_0c^2 + E_x &= K_{rel} + m_1c^2 + m_2c^2 \\ E_x &= K_{rel} + S_n \end{aligned} \quad (3)$$

ahol m_0 a ^{15}C nyugalmi tömege és az S_n a neutronszeperációs energia. A relatív energia eloszlása a 2b. ábrán látható.

A kiértékelés szempontjából elengedhetetlen mennyiség az impakt paraméter. Ezt egyenlőre tisztán elektromágneses kölcsönhatást feltételezve határoztam meg a relativisztikus Rutherford szórás segítségével a szórási szög felhasználásával (a nyaláb impulzusa és a reakció után a tömegközéppont impulzusa által bezárt szög). Az így számolt impakt paraméter a 2a. ábrán látható. A 2b. ábrán a relatív energiát ábrázoltam az impakt paraméter szerint szelektálva is. A 20 fm-nél kisebb eseményeket a piros hisztogramban, a nagyobbakat a zöld hisztogramban gyűjtöttem össze. Habár nagy különbség nem látszik az eloszlások között, de a kisebb impakt paraméterrel gyűjtött adatok eloszlása eltolódik nagyobb energia felé.



(a) Az impakt paraméter eloszlása. A piros vonal az esemény szelektálás határa (20 fm).



(b) A relatív energia eloszlása (kék) és impakt paraméterre szelektálva: zöld: $b > 20 \text{ fm}$, piros: $b < 20 \text{ fm}$

2. ábra. A relatív energia vizsgálata az impakt paraméterrel egy $^{15}\text{C} + \text{Pb}$ runra

Tanulmányi tevékenység és konferenciák:

- A félév során elvégeztem Barnaföldi Gergelynél a kompakt csillagok című kurzust és Pásztor Gabriella és Veres Gábor által tartott Részecskefizika kísérleti módszerei PhD kurzust, mindkettőt jeles osztályzattal.
- Ezenfelül részt vettem egy iskolán is, amit Firenzében rendezett meg a Galileo Galilei kutatóintézet február 26 és március 9 között Frontiers in Nuclear and Hadronic Physics néven. Az iskola során elméleti magfizika különböző ágaiból hallgathattam előadásokat és gyakorlatokat. Az előadók és az általuk előadott témák:
 - Francisco Barranco: Many-body theory and low energy spectroscopy
 - Horst Lenske: Theory and applications of nuclear direct reactions
 - Gabriel Martinez Pinedo: Stellar nucleosynthesis
 - Petr Navratil: Ab initio methods in nuclear physics
 - Cedric Simenel: Microscopic dynamical approaches to nuclear reactions

Habár a témán kísérleti magfizika, de az iskola mindenképp egy hasznos képet biztosított számomra a magfizikában legújabban használt elméleti módszerekről, ezenfelül hasznos lesz, amikor a kimért eredményeket akarom összevetni elméleti modellekkel.

- A témámat előadtam az ELFT által szervezett Fizikus Doktoranduszok Konferenciáján, amely június 14-17-ig volt megtartva.