

3.6 Parametr B

Porównywanie wyników pomiędzy eksperymentami i licznymi grupami badawczymi, które wykonują własne obliczenia, wymaga wprowadzenia wielkości, która jest bezpośrednio użyteczna do prezentacji wyników. Wielkość ta musi być łatwa do uzyskania jako wynik z symulacji numerycznych, prosta do uzyskania jako wynik eksperymentalny, mało wrażliwa na większość błędów pomiarowych. Tych wymogów nie spełniają wartości absolutne (bezwzględne). Potrzebną wielkość należy kalibrować względem ważnych parametrów eksperymentu. Wartością, która jest istotna podczas każdego eksperymentu, a jednocześnie jest bardzo zmienna to przede wszystkim rodzaj i masa detektora aktywacyjnego. Drugą istotną wielkością jest intensywność wiązki padającej z akceleratora, która bardzo różni się pomiędzy eksperymentami. Biorąc pod uwagę cele i założenia naszych eksperymentów, kluczowym parametrem jest wydajność reakcji, czyli wydajność transmutacji, rozpadu czy przemiany danego izotopu. Upraszczając, jeśli badamy jakiś rodzaj izotopu, który powstał w wyniku naświetlania, to najbardziej jest interesujące, jak dużo danego izotopu powstało. Jaka jest względna wydajność jego wytwarzania?[40]

Biorąc pod uwagę wszystkie założenia, zdecydowano się na prezentację większości wyników pod postacią PARAMETRU B (Rys. 3.26). Poniżej widać pełny wzór na wyznaczenie wartości parametru B, który jednocześnie jest pełną formułą kalibracyjną naszych rezultatów uzyskanych z pomiarów spektroskopowych.

$$B = N_1 \cdot \frac{1}{m \cdot I} \cdot \frac{\Delta S(G) \cdot \Delta D(E)}{\frac{N_{abs}}{100} \cdot \varepsilon_p(E) \cdot COI(E, G)} \cdot \frac{(\lambda \cdot t_{ira})}{[1 - \exp(-\lambda \cdot t_{ira})]} \cdot \exp(\lambda \cdot t_+) \cdot \frac{t_{real}}{[1 - \exp(-\lambda \cdot t_{real})]}$$

(a)
(b)
(c)
(d)
(e)

Rys. 3.26 Kompletna formuła kalibracyjna, przekształcająca zmierzoną wielkość linii gamma N_1 na poszukiwany parametr B. Wzór składa się z następujących części:

- (a) kalibracja do parametru B
- (b) wszystkie poprawki kalibrujące wynik oprócz czasu
- (c) kalibracja ze względu na czas trwania eksperymentu
- (d) kalibracja na czas między końcem eksperymentu a początkiem pomiaru
- (e) kalibracja ze względu na czas pomiaru

Gdzie

- B liczba nukleonów na jeden gram próbki i jeden nukleon z akceleratora
- N_1 powierzchnia danej linii gamma [liczba zliczeń]
- N_{abs} absolutna intensywność danej linii w procentach [%]
- $\varepsilon_p(E)$ efektywność detektora w funkcji energii
- $COI(E, G)$ efekt kaskadowy w funkcji energii i geometrii układu (Aneks F)
- I całkowita liczba nukleonów z wiązki z akceleratora
- m masa próbki [g]

- $\Delta S(G)$ poprawka na pole powierzchni próbki w funkcji geometrii
- $\Delta D(E)$ poprawka na samo-absorbcję w funkcji energii
- λ stała rozpadu ($\ln(2)/t_{1/2}$)
- $t_{1/2}$ czas połowicznego rozpadu danego izotopu [s]
- t_{ira} czas naświetlania (eksperymentu) [s]
- t_{+} czas pomiędzy końcem eksperymentu a początkiem pomiaru [s]
- t_{real} czas pomiaru danej próbki w spektrometrze [s]
- t_{live} rzeczywisty czas pomiaru próbki pomijający czas martwy detektora [s]

Wielkość, którą nazywamy parametrem B, jest liczbą nukleonów. Definiuje ilość danego izotopu jaki został wytworzony w naszej próbce, na 1 g materiału próbki i na jeden proton/deuteron uderzający w nasz model z wiązki z akceleratora. Mówiąc inaczej, jest to wydajność danej reakcji w danych warunkach. W ANEKSIE E znajduje się wyprowadzenie części wzoru dotyczącego poprawek na czas. Poprawki do wyniku, jakie wynikają z właściwości fizycznych detektora i geometrycznych cech pomiaru znajdują się w części wzoru (b). Ich opis znajduje się w rozdziale (3.5). Opis wyznaczania poprawki COI(E,G) na efekt kaskadowy, znajduje się w Aneksie F.

Główny wkład do błędu wyznaczenia parametru B, ma błąd statystyczny wielkości N_1 (czyli błąd wyznaczenia pola-wielkości danej linii gamma w analizowanym widmie). Zależy on przede wszystkim od czasu trwania danego pomiaru i intensywności badanej linii gamma. Gdy maksimum linii jest wielokrotnie (ponad 20 razy) większe od wartości tła odczytanego w ich pobliżu błąd nie przekracza 5%. Analizujemy też linie, które nieznacznie tylko wyróżniają się od tła i wtedy błąd ich wyznaczenia może sięgnąć kilkudziesięciu procent. Aby obniżyć ten błąd można znacznie wydłużyć czas pomiaru na detektorze, jednak wtedy możemy utracić informacje pochodzące od izotopów krótko-życiowych. szczególnie, gdy mamy (tak jak w naszym eksperymencie) dużą liczbę próbek do zmierzenia. Opisany powyżej błąd statystyczny jest wyliczany i podany przez używany do analizy widm program DEIMOS [35].

Najpoważniejszy dodatkowy i dosyć trudny do dokładnego oszacowania, wkład do błędu całkowitego ma błąd wyznaczenia ilości nukleonów w wiązce z akceleratora. Szacujemy, że błąd ten jest rzędu 15 %, ale może przekraczać 20%. Na wielkość tego błędu, oprócz błędu wynikającego z zastosowanej metody pomiarowej, wpływa przede wszystkim wartość błędu przekroju czynnego danej reakcji wykorzystywanej do wyznaczenia tego strumienia. Ponieważ wartości przekrojów czynnych rzadko są znane z dokładnością mniejszą niż 10% tłumaczy to sumaryczną wielkość błędu. Problemem może tu być też rodzaj stosowanej metody do wyznaczenia tej wielkości. Zazwyczaj staramy się wyznaczyć tą wartość przynajmniej 2-a lub 3-ma niezależnymi metodami. Każda z tych metod daje nam jakąś wartość i jeśli są one do siebie zbliżone (porównywalne w granicach błędów), używamy wtedy średniej tych rezultatów. Problem pojawia się w sytuacji, gdy różnice wartości między różnymi metodami przekraczają wartości błędów pomiarowych. W dotychczasowej praktyce przyjmujemy wtedy w ramach ustaleń pomiędzy członkami naszej kolaboracji, jedną wartość intensywności wiązki, którą potem wszyscy starają się wykorzystywać do dalszych obliczeń.

Pozostałe błędy mają przeważnie dużo mniejsze wartości od opisanych wcześniej. Są to np: błąd pomiaru masy próbki, który dla porządku określiliśmy jako stały na poziomie 1%, co na pewno jest wartością większą od rzeczywistej. Z wartości, które wyznaczamy poprzez pomiary jest jeszcze tylko czas (czas eksperymentu i trwania pomiaru). Z powodu, że czasy te są relatywnie bardzo długie w stosunku do dokładności choćby zwykłych zegarów, błąd wyznaczenia tych czasów jest zawsze mniejszy od 1%. Czas pomiaru jest wyznaczany i zapisywany bezpośrednio przez program komputerowy (i opiera się na zegarze systemowym), który obsługuje nasz detektor germanowy. Wyznaczenie czasu pomiaru (w tym czasie martwego) ma dokładność lepszą niż 0,1%. Pozostałe wartości użyte w formule kalibracyjnej,

są wyliczane empirycznie na podstawie danych absolutnych z tablic. Błąd wyznaczenia poprawki na efekt kaskadowy jest rzędu 1%. Błędy poprawek dotyczących wymiaru czy grubości próbek, są najczęściej rzędu 1% (nie większe niż 3%).

Podsumowując, można określić, że wielkość błędu wyznaczenia parametru B jest średnio na poziomie ok. 15%, może on być on jednak znacznie większy (nawet kilkadziesiąt %).