

## **C1. POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU**

### **1. Cel projektu**

Głównym celem projektu jest określenie optymalnych warunków dla szczegółowego poznania procesu wzbudzenia jądra poprzez wychwyty elektronu (*ang.* Nuclear Excitation by Electron Capture, NEEC) dla izomerów jądrowych (tj. metastabilnych wzbudzonych stanów jąder) wybranych pierwiastków. Część planowanych badań koncentruje się na szczególnie interesującym i ważnym przypadku izomeru jądrowego  $^{93m}\text{Mo}$  ( $T_{1/2} \sim 6.8$  h), dla którego proces NEEC został zarejestrowany po raz pierwszy, z istotnym udziałem kierownika projektu, na najpotężniejszym na świecie spektrometrze cyfrowym Gammasphere, zainstalowanym przy akceleratorze liniowym (ATLAS) w Argonne National Laboratory (ANL) w USA.

### **2. Opis badań realizowanych w projekcie**

W celu szczegółowego poznania procesów NEEC dla wybranych izomerów jądrowych kilku pierwiastków, konieczne jest kompleksowe uwzględnienie wszystkich procesów atomowych i jądrowych, które są istotne dla obserwacji tych procesów. W związku z tym, w ramach projektu realizowane będą następujące szczegółowe zadania badawcze:

- (i) wyznaczenie energii uwalnianej w wyniku wychwyty elektronu do różnych podpowłok powłoki L dla izomeru  $^{93m}\text{Mo}$  w zależności od stopnia jonizacji oraz założonej wzbudzonej konfiguracji elektronowej;
- (ii) wyznaczenie zależności równowagowego stanu ładunkowego jonów  $^{93}\text{Mo}$  od ich energii kinetycznej podczas penetracji różnych tarcz stałych;
- (iii) określenie szerokości okna rezonansu na zajście procesu NEEC dla izomeru  $^{93m}\text{Mo}$  w przypadku wychwyty elektronu do powłoki L dla założonych wzbudzonych konfiguracji elektronowych;
- (iv) wyselekcjonowanie innych efektywnych reakcji na produkcję izomeru  $^{93m}\text{Mo}$ ;
- (v) określenie warunków rezonansu procesu NEEC w przypadku wychwyty elektronu do powłok L, M i N izomeru  $^{93m}\text{Mo}$  dla założonych konfiguracji elektronowych oraz różnych tarcz hamujących;
- (vi) kompleksowa analiza i interpretacja teoretyczna zarejestrowanych procesów NEEC dla izomeru  $^{93m}\text{Mo}$  na spektrometrze Gammasphere dla różnych scenariuszy, tj. rodzajów i energii wiązki;
- (vii) zaprojektowanie optymalnych warunków obserwacji procesu NEEC dla izomeru  $^{242m}\text{Am}$  na spektrometrze Gammasphere dla różnych rodzajów i energii wiązki;
- (viii) zaprojektowanie optymalnych warunków obserwacji procesu NEEC dla izomerów kilku innych pierwiastków niż izomery  $^{93m}\text{Mo}$  i  $^{242m}\text{Am}$  dla różnych scenariuszy wiązki.

### **3. Powody podjęcia danej tematyki badawczej**

Pionierski charakter tej tematyki oraz trudności w zaobserwowaniu przez 40 lat procesu NEEC, skłoniły kierownika projektu do rozpoczęcia badań dla izomeru  $^{93m}\text{Mo}$ , co doprowadziło do ścisłej współpracy z grupą J. J. Carrola z U. S. Army Research Laboratory. Wielość czynników, które należy uwzględnić przy projektowaniu tego rodzaju eksperymentów spowodowała konieczność wykonania zaawansowanych badań przy użyciu różnorodnych metod z zakresu fizyki atomowej i fizyki jądrowej. Wybrane wyniki tych precyzyjnych badań nad procesami NEEC dla izomeru  $^{93m}\text{Mo}$  zostały już przez nas opublikowane w czasopiśmie *Physical Review C*. Należy podkreślić, że wyniki te oraz zaproponowana przez kierownika niniejszego projektu i współpracowników unikalna konfiguracja eksperymentalna (której kluczowymi elementami były: wykorzystanie spektrometru Gammasphere, optymalna konstrukcja tarczy i odpowiednia energia wiązki jonów  $^{90}\text{Zr}$ ), pozwoliły osiągnąć niezbędne warunki dla zaobserwowania po raz pierwszy procesu NEEC dla izomeru  $^{93m}\text{Mo}$ , tj. zidentyfikowania nowego zjawiska fizycznego (co szczegółowo przedstawiono w naszym artykule złożonych do czasopisma *Nature* 26 maja 2017 roku).

Planowane w ramach projektu badania koncentrują się na wszechstronnym poznaniu i zrozumieniu natury procesów NEEC dla izomerów jądrowych wybranych pierwiastków, co ma wpływ na rozwój teorii opisujących strukturę, tworzenie i ewolucję wysokospinowych stanów jąder. Uzyskana wiedza pozwoli na zrozumienie procesów zachodzących we Wszechświecie, a w szczególności dostarczy fundamentalnych informacji dotyczących przetrwania jąder izotopów różnych pierwiastków w środowisku gwiazd. Wyniki planowanych badań będą stanowić punkt wyjścia dla badań stosowanych, których celem będzie umożliwienie kontrolowanego uwalniania energii zgromadzonej w izomerach jądrowych wybranych pierwiastków. Ponadto, badania te mogą również przyczynić się do rozwoju koncepcji nowych, niekonwencjonalnych i ultrawydatkownych baterii jądrowych, które mogą mieć zastosowanie do zasilania pojazdów (statków) używanych w trudno dostępnych lokalizacjach na Ziemi (na dnie oceanów i kraterów wulkanicznych) i w przestrzeni kosmicznej.