



Prof.dr hab. Rafał Broda Kraków, 11 czerwca 2016
Instytut Fizyki Jądrowej PAN
im. H.Niewodniczańskiego,
Ul.Radzikowskiego 152
31-342 KRAKÓW

Ocena dorobku naukowego dr Chiary Mazzocchi i recenzja jej osiągnięć badawczych przedstawionych do habilitacji pt.: „Badanie nuklidów w okolicy ^{78}Ni mających znaczenie astrofizyczne”

Informacje podstawowe

Dr Chiara Mazzocchi ukończyła studia fizyki na Uniwersytecie w Mediolanie we Włoszech w 1998 roku i uzyskała stopień magistra fizyki (Laurea in fisica). Już w niecałe 4 lata później, w 2002 roku uzyskała stopień naukowy doktora nauk przyrodniczych (Doktor der Naturwissenschaften), ze specjalnością fizyka jądrowa, na Uniwersytecie w Mainz (Johannes Gutenberg - Universität Mainz), w Niemczech. Promotorem jej pracy doktorskiej był znany z rzetelności naukowej i zacięcia dydaktycznego fizyk jądrowy Prof. Ernst Roeckl.

Po krótkim okresie pracy w Instytucie Fizyki Stosowanej Ogólnej, przez dłuższy czas odbywała staż doktorancki w ośrodku GSI w Darmstadt i na Uniwersytecie Mainz, a później, aż do 2003 roku, kontynuowała pobyt naukowy w GSI na stażu po-doktorskim. We wrześniu 2003 roku rozpoczęła 3-letni pobyt na stażu po-doktorskim na Wydziale Fizyki Astronomii Uniwersytetu w Tennessee, Knoxville, TN, USA. Po pobycie w USA powraca do Włoch, gdzie od listopada 2006 r. do września 2010 r. jest zatrudniona w ramach kolejnego stażu po-doktorskiego (assegno di ricerca) na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Mediolanie.

Bliska i owocna współpraca z polskimi fizykami, zwłaszcza z grupą w Oak-Ridge i we współpracach związanych z działalnością grupy w Mediolanie, skłoniły dr Mazzocchi do kontynuacji swojej pracy badawczej w Polsce. Początkowo przez krótki czas była zatrudniona jako nauczyciel akademicki na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, a już od stycznia 2011 objęła na tym Wydziale etat adiunkta. Wydaje się, że jest bardzo dobrze zaaklimatyzowana w Polsce, dobrze włada polskim językiem, a przedstawiony przez nią wniosek o habilitację z pewnością ułatwi pogłębienie związków z Polską.

W związku z realizowanymi projektami badań, których część obejmowała badania przedstawione do habilitacji, wielokrotnie przebywała na krótszych pobytach w ważnych światowych ośrodkach fizyki jądrowej. Poza wymienionymi już ośrodkami Oak Ridge NL i GSI Darmstadt prowadziła badania eksperymentalne w National Superconducting Cyclotron Laboratory, Michigan State University - USA; CERN-ISOLDE - Szwajcaria; Institut Laue-Langevin w Grenoble - Francja; Japanese Atomic Energy Agency w Tokai - Japonia i w JINR-Dubna - Rosja.

Charakterystyka dorobku naukowego

Dr Chiara Mazzocchi w sposób bardzo wyczerpujący przedstawiła w autoreferacie przebieg swojej działalności naukowej w problematyce wykraczającej poza tematykę wybraną jako osiągnięcie do habilitacji. Trzeba od razu podkreślić, że w wyniku tej działalności zgromadziła prawdziwie imponujący dorobek naukowy, który wykracza poza standardy wymagane do

habilitacji. Liczba 163 publikacji, z liczbą 1721 cytowań i współczynnikiem Hirscha 22 (dzisiaj już 23), to wskaźniki podsumowujące bardzo adekwatnie wartość tego dorobku. Charakterystyczne są dwa zasadnicze aspekty jej działalności naukowej. Z jednej strony, od samego początku, to jest od czasu dość szczegółowo opisanych badań związanych z jej pracą magisterską, zajmuje się zjawiskami bardzo rzadkimi, które wymagają zastosowania szczególnie selektywnych technik eksperymentalnych i ukierunkowane są na dotarcie w obszary jąder egzotycznych, z natury trudno dostępnych do badań spektroskopowych. Z drugiej strony cała tematyka działalności naukowej dr Mazzocchi wiąże się z zagadnieniami wkraczającymi mocno w dziedzinę astrofizyki i dostarczającymi bardzo ważnych informacji, niezbędnych do zrozumienia procesów wolnego (s) i szybkiego (r) wychwytu neutronów i szybkiego wychwytu protonów (rp), w których powstawały jądra ze znanym obecnie rozpowszechnieniem. Cały cykl badań przeprowadzonych w ramach projektu LUNA w laboratorium Gran Sasso dotyczy już bezpośrednio badań reakcji astrofizycznych o fundamentalnym znaczeniu dla zrozumienia produkcji lekkich pierwiastków w pierwszych fazach po Wielkim Wybuchu. Np. wyniki badania reakcji ${}^2\text{H}({}^4\text{He},\gamma){}^6\text{Li}$ podważyły standardowy scenariusz nukleosyntezy w Wielkim Wybuchu i wskazały na konieczność rozważenia innych wyjaśnień dla obserwowanego rozpowszechnienia jąder ${}^6\text{Li}$ we Wszechświecie.

Warto podkreślić, że we wszystkich badaniach dr Mazzocchi uczestniczyła w rozwijaniu technik eksperymentalnych, a w wielu przypadkach wymagało to przeprowadzenia wielu testów i pomiarów o charakterze przygotowawczym dla osiągnięcia głównego celu badań. W odróżnieniu od badań neutrono-nadmiarowych jąder z obszaru ${}^{78}\text{Ni}$ przedstawionych do habilitacji znaczna część działalności naukowej habilitantki ogniskowała się po przeciwnej stronie linii trwałości jąder i dotyczyła jąder szczególnie egzotycznych, w obszarze skrajnie neutrono-deficytowego izotopu ${}^{100}\text{Sn}$. Wysiłki badawcze wielu grup od szeregu lat skupione są na tym obszarze jąder, a skala trudności stawia wielkie wyzwania dla każdego uczestnika wkraczającego z badaniami w ten obszar. Tym bardziej przedstawione przez dr Mazzocchi wyniki imponują bogactwem i różnorodnością. Objęły one identyfikację nowych izotopów, określenie czasów życia, oszacowania energii rozpadu i mas nowych jąder, badanie sekwencyjnych rozpadów α , a także obserwację struktur subtelných w rozpadach, w których populowane są stany wzbudzone końcowych jąder. Bardzo ważnym wynikiem jest ustalenie spinu $7/2^+$ stanu podstawowego izotopu ${}^{101}\text{Sn}$, który rozstrzyga o kolejności neutronowych orbitali dostępnych dla neutronów powyżej podwójnie-magicznego rdzenia ${}^{100}\text{Sn}$. Ciekawe są także wyniki poszukiwań aktywności protonowej w rozpadach dość szczegółowo opisane w autoreferacie.

Rozpady protonowe, a w szczególności egzotyczne przemiany związane z emisją dwóch i trzech protonów stały się główną tematyką badawczą, którą od kilku lat zajmuje się dr Mazzocchi i z którą zdaje się wiązać aktualne i dalsze plany swojej działalności. Wiąże się to ze szczególnie efektywną techniką detekcji przy pomocy OTPC (Optical Time Projection Chamber) opracowaną na Wydziale Fizyki UW, której czułość pozwala na jednoznaczny identyfikację pełnego zjawiska na podstawie obserwacji nawet jednego przypadku. Dr Mazzocchi współpracuje z grupą warszawską w doskonaleniu tego narzędzia i uczestniczy w całym projekcie badawczym, także jest współautorką publikacji wyników badań trzy-protonowej emisji.

W zarysowanych w autoreferacie planach jej przyszłej działalności naukowej znajduje się zarówno kontynuacja badań egzotycznych przemian jądrowych, jak i ponowne wejście w obszar wokół ${}^{78}\text{Ni}$ z eksperymentami przygotowanymi do przeprowadzenia w RIKEN i w CERN-ISOLDE. Planuje także zaangażowanie się w unikalny program związany z wykorzystaniem superintensywnych wiązek promieniowania gamma po uruchomieniu nowoczesnego centrum badawczego ELI w Magurele w Rumunii.

Dr Chiara Mazzocchi jest już dobrze rozpoznawana w międzynarodowym środowisku fizyki jądrowej i zapraszana do wygłoszenia referatów na ważnych konferencjach. Przed doktoratem wygłosiła jeden taki referat, a po doktoracie miała 9 wystąpień na zaproszenie organizatorów konferencji. Wygłosiła też wiele innych referatów zgłaszanych wraz ze

współautorami na konferencje międzynarodowe, a także miała wiele wystąpień na różnych mniejszych spotkaniach tematycznych i seminariach w różnych ośrodkach fizyki jądrowej. Jest też recenzentką publikacji w kilku czasopismach o zasięgu międzynarodowym.

Pełniła rolę spokesperson w siedmiu projektach eksperymentów zaakceptowanych do realizacji przez odpowiednie komitety PAC, a w dwóch innych przypadkach pełniła rolę co-spokesperson. Po uzyskaniu doktoratu dwukrotnie była kierownikiem przyjętych do realizacji własnych projektów badawczych.

Podsumowując, bardzo pozytywnie oceniam przedstawiony dorobek naukowy dr Chiary Mazzocchi, który ukazuje jej duże kompetencje, samodzielność, a także bogate doświadczenie w przeprowadzaniu często trudnych i ambitnych eksperymentów sięgających w obszary egzotycznych jąder atomowych i powiązanych bardzo ściśle z astrofizyką. Całość dorobku bez żadnej wątpliwości spełnia z nadmiarem wszystkie warunki i wymagania stawiane przy wystąpieniu o habilitację.

Ocena osiągnięć przedstawionych do habilitacji

Dr Chiara Mazzocchi przedstawiła sześć tematycznie powiązanych ze sobą publikacji, jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do uzyskania habilitacji. We wszystkich sześciu publikacjach jest pierwszym autorem, co przy złamaniu porządku alfabetycznego, nie pozostawia żadnych wątpliwości, że jej rola w zaprezentowanych badaniach, w uzyskaniu wyników i przygotowaniu publikacji była pierwszorzędna. Tematyka badań, zaanonsowana zbiorczym tytułem osiągnięcia, jest z kilku względów bardzo ważna i ciekawa. Dotyczy badań bardzo egzotycznych jąder z okolicy ^{78}Ni , które wnoszą informacje ważne dla rozstrzygnięcia, czy to centralne jądro jest rzeczywiście podwójnie magiczne, z wyraźnym zamknięciem powłoki i zachowaniem szczeliny energetycznej przy liczbie neutronów $N=50$. Mamy więc badania, które dotyczą struktury jąder z dużym nadmiarem neutronów w trudno dostępnym nowym obszarze, w sytuacji gdy w niektórych innych obszarach neutrono-nadmiarowych jąder już zasygnalizowano zaskakującą ewolucję obserwowanych struktur. Z drugiej strony, wszystkie uzyskane wyniki dotyczą jąder bardzo egzotycznych, dla których badania eksperymentalne stanowią trudne wyzwanie dla specjalistów w dziedzinie spektroskopii jądrowej. Przedstawione prace wyczerpująco ilustrują te trudności i pokazują zastosowane techniki eksperymentalne. Wyniki zostały też należycie skonfrontowane z różnymi teoretycznymi obliczeniami i ujawniły podobną skalę trudności w badaniach związanych z teoretycznym opisem takich jąder. Postęp w tej dziedzinie nie byłby możliwy bez ciągłej współpracy teorii z eksperymentem, gdy nowe informacje doświadczalne mają często charakter rozstrzygający i wyznaczają ramy dla teoretycznych koncepcji. Wreszcie zasygnalizowane w tytule znaczenie przedstawionych badań dla rozwiązywania problemów i zagadek w dziedzinie astrofizyki, zostało w pełni udokumentowane, a także podkreślone jasnymi wskazówkami dla astrofizyków, które zostały oparte na uzyskanych wynikach.

W zasadzie trudności eksperymentalne ograniczają dzisiaj badania tak egzotycznych jąder do procesów i zjawisk, które są opóźnione w stosunku do momentu ich produkcji o czas transportu do układu detekcji i identyfikacji. Dlatego dotychczasowy zakres badań obejmuje wyłącznie jądra, w których pojawiają się stany izomeryczne o odpowiednio długich czasach życia, oraz te, które populowane są w rozpadach beta. Wprowadza to oczywiste ograniczenia związane z selektywnością spinów i struktury stanów jądrowych, które mogą być obserwowane w rozpadach izomerycznych, a zwłaszcza w rozpadach beta. Małe przekroje czynne na produkcję takich jąder wymagają szczególnie efektywnej selekcji i identyfikacji, a także odpowiednio dużej wydajności użytych detektorów. W zaprezentowanych badaniach dr Mazzocchi przeprowadziła dwa rodzaje eksperymentów, w których wykorzystwała produkcję badanych egzotycznych jąder w procesie fragmentacji jąder ^{86}Kr i w procesie rozszczepienia ^{238}U indukowanego wiązką protonów.

Fragmentację ^{86}Kr wykorzystano w eksperymentach przeprowadzonych w NSCL MSU, w których autorzy poszukiwali stanów izomerycznych w neutrono-nadmiarowych izotopach Ni, a także badali rozpady beta egzotycznych izotopów z liczbami protonów $Z < 28$. Rozpady beta szczególnie egzotycznych izotopów z $Z > 28$ badane były techniką ISOL w HRIBF Oak Ridge, gdzie wykorzystano bardziej wydajną produkcję tych jąder w rozszczepieniu ^{238}U . Dodatkowo w tym przypadku istotnie wzmocniono selektywność separacji produktów, stosując bardzo ciekawe techniki wykorzystujące chemiczne własności poszukiwanych jąder.

Wyniki przedstawione dla jąder z $Z=28$ i $Z < 28$, zwłaszcza te zawarte w pracy (A) są szczególnie imponujące, a na wyróżnienie zasługuje identyfikacja oczekiwanego izomeru 8^+ w izotopie ^{76}Ni , który jest najbliższy podwójnie magicznemu jądru ^{78}Ni . Także identyfikacja nieznanych dotąd stanów 2^+ i 4^+ populowanych w izotopie ^{74}Ni w rozpadzie beta ^{74}Co dostarcza ważnych nowych informacji, na których można oprzeć dalsze bardziej szczegółowe rozwijanie schematu poziomów tego jądra, a zwłaszcza poszukiwanie stanu 8^+ . Zbadany także rozpad beta ^{72}Co potwierdził znane już wcześniej stany 2^+ , 4^+ i 6^+ w izotopie ^{72}Ni , natomiast, cały komplet danych z eksperymentów przeprowadzonych w NSCL podtrzymał zagadkę związaną z nieobecnością stanów izomerycznych 8^+ w izotopach ^{72}Ni i ^{74}Ni . Niewątpliwie wynik potwierdzający brak takich izomerów jest bardzo ważny i dość pewny, bo przy oczekiwanej znacznie większej produkcji izotopów ^{72}Ni i ^{74}Ni w porównaniu z ^{76}Ni , także w tych izotopach izomery musiałyby być zaobserwowane, gdyby ich czasy życia mieściły się w granicach określonych warunkami eksperymentu. Zagadka ta jest tym ciekawsza, że dla protonów wypełniających powłokę $g_{9/2}$ we wszystkich izotonach $N=50$, od ^{90}Zr po ^{98}Cd , izomery 8^+ zostały zidentyfikowane.

Tutaj jedynie zaznaczę, że nie do końca zgadzam się z twierdzeniem Autorki, że obliczenia NR78 wyjaśniają ewentualny krótki czas życia stanów 8^+ w tych izotopach i nieobecność izomerów. Nie udało się dotąd jednoznacznie zidentyfikować stanów 8^+ w jądrach ^{72}Ni i ^{74}Ni , a także drugiego stanu 6^+ , który miałby skracać wydatnie czas życia izomeru, a obliczenia nie są na tyle zgodne z eksperymentem, by uznać stosunkowo niepewne hipotezy z nich wynikające za wyjaśnienie. W szczególności obliczenia NR78 dla izotopu ^{76}Ni lokują poziom 8^+ znacznie powyżej energii znanej z eksperymentu, wymagana jest więc korekta oddziaływań, która zmieni również sytuację w lżejszych izotopach.

Wszystkie pozostałe wyniki przedstawione w kolejnych załączonych pracach dotyczą bardzo cennych i bogatych informacji uzyskanych w spektroskopowych badaniach rozpadów wielu konkretnych egzotycznych jąder. Niektóre z nich są znaczącym uzupełnieniem wcześniejszych badań, ale wiele dotyczy nowych, nieznanych dotąd rozpadów. Trudno wchodzić w szczegóły dotyczące poszczególnych jąder, tym bardziej, że z oczywistych powodów badania te zaledwie wytyczają początek spektroskopowych badań w konkretnych przypadkach. Z natury rzeczy sugerowane teraz oznaczenia spinów i parzystości obserwowanych nowych stanów jądrowych są bardzo niejednoznaczne, a obliczenia teoretyczne nie mogą na razie wspomóc możliwych interpretacji, bo nie odtwarzają eksperymentalnych poziomów w dostatecznie przejrzysty sposób (np. w całkowicie nieznanym dotąd jądrze ^{86}As). Z drugiej strony, analiza uzyskanych wyników pozwoliła na rozważania specyfiki rozpadów beta w badanym obszarze jąder i udziału szybkich przejść Gamowa-Tellera. Szczególnie ważnym rezultatem przedstawionego cyklu prac jest systematyka czasów życia obserwowanych rozpadów beta i towarzyszącej rozpadom emisji neutronów, które mają bezpośrednie konsekwencje dla badań astrofizycznych. Dla trzech nieznanych dotąd egzotycznych jąder uzyskano całkiem nowe wartości czasów życia rozpadów beta, a dla wielu innych izotopów zrewidowano dotychczasowe wyniki uzyskując często o wiele bardziej dokładne wartości czasów życia. Przedstawiona pełna systematyka zmierzonych eksperymentalnie czasów życia dla rozpadów izotopów Fe, Co, Ge i As została skonfrontowana z różnymi teoretycznymi obliczeniami i w powiązaniu z podobnymi zestawieniami analizowanymi wcześniej wskazano metodykę obliczeń, która najlepiej odtwarza eksperymentalne wartości. Te

metodykę zalecono astrofizykom zajmującym się badaniem scenariuszy procesu r, który powinien tłumaczyć obserwowane rozpowszechnienie izotopów cięższych od żelaza.

Stwierdzam, że omówiony powyżej zbiór tematycznie powiązanych publikacji dr Chiary Mazzocchi dotyczy awangardowych badań w bardzo trudnym obszarze jąder i zawiera bardzo wiarygodne i ważne wyniki, które mają istotne znaczenie dla rozwoju spektroskopii egzotycznych neutrono-nadmiarowych jąder. Nie mam żadnych uwag krytycznych, a część autoreferatu podsumowująca najbardziej istotne aspekty badań jest napisana w sposób bardzo przejrzysty i wyczerpujący. Przedstawiony cykl prac spełnia wszystkie warunki naukowego osiągnięcia uzasadniającego przyjęcie tego wyboru za bardzo mocną podstawę do habilitacji.

Charakterystyka dorobku dydaktycznego i organizacyjnego.

Także działalność dydaktyczna i popularyzatorska dr. Chiary Mazzocchi jest bardzo rozwinięta, co pozostaje w bezpośrednim związku z jej uniwersyteckim zatrudnieniem. Obejmuje ona regularne wykłady na Wydziale Fizyki UW i na Uniwersytecie w Mediolanie, a także 4-godzinny wykład dla studentów na Uniwersytecie w Katanii we Włoszech. Prowadziła także ćwiczenia rachunkowe ze studentami fizyki na UW i zajęcia laboratoryjne w pracowniach Wydziału Fizyki UW, a wcześniej także na Uniwersytecie w Mediolanie. Wprowadziła innowacje dydaktyczne korzystając ze specjalnych funduszy UW po przedstawieniu projektów nowych ćwiczeń dla pracowni fizycznej i elektronicznej Wydziału Fizyki UW. Prowadzi też ożywioną działalność popularyzatorską w formie wykładów i zajęć z uczniami gimnazjów i liceów, a także organizując pokazy w ramach dni otwartych i pikników naukowych. Uczestniczy również, jako członek komitetu oceniającego, w konkursie „Poszukujemy talentów” organizowanym przez Uniwersytet Warszawski.

Po uzyskaniu stopnia doktora była opiekunką dwóch prac magisterskich i trzech licencjackich. Aktualnie pełni funkcję promotora pomocniczego w przewodzie jednej doktorantki.

Współorganizowała trzy konferencje międzynarodowe i była również edytorem materiałów konferencyjnych. Przedstawione w autoreferacie informacje o działalności dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej pozwalają pozytywnie ocenić także tę część wymagań stawianych kandydatom do habilitacji

Podsumowanie.

Po szczegółowym zapoznaniu się z wynikami zawartymi w sześciu pracach przedstawionych jako naukowe osiągnięcie dr Chiary Mazzocchi do habilitacji, a także z przedstawionymi i udokumentowanymi materiałami dotyczącymi jej dorobku naukowego, współpracy międzynarodowej, osiągnięć dydaktycznych i organizatorskich, bardzo pozytywnie oceniam wszystkie te elementy i stwierdzam, że doskonale spełniają one kryteria stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego. Podkreślając duże znaczenie tych osiągnięć dla fizyki jądrowej, stawiam wniosek o dopuszczenie dr Chiary Mazzocchi do dalszych procedur związanych z nadaniem jej stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych.

Rafał Borska