

Autoreferat

1. Jan Kurpeta

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

Stopień naukowy doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki, Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki, 1999 rok, tytuł rozprawy: „Własności neutrono-nadmiarowych jąder atomowych z obszarów leżących na granicy poznanych nuklidów”

Tytuł magistra inżyniera, Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, rok 1993, temat pracy: „Wpływ masy efektywnej nukleonu na ruch jednocząstkowy w zdeformowanych jądrach atomowych”

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki, Instytut Fizyki Doświadczalnej, Zakład Spektroskopii Jądrowej, stanowisko adiunkta od 15 lutego 2001

Uniwersytet w Leuven (Belgia), Instytut Fizyki Jądrowej i Promieniowania, stypendium post-doc od 1 września 1998 do 31 października 1999

Uniwersytet w Jyväskylä (Finlandia), Wydział Fizyki, studia doktoranckie w ramach stypendium Center for International Mobility od 3 lutego do 15 grudnia 1995

Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki, Instytut Fizyki Doświadczalnej, Zakład Spektroskopii Jądrowej, studia doktoranckie od października 1993 do września 1998

Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie, Zakład Geodezji Planetarnej, ½ etatu przez 6 miesięcy w roku 1993

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego

Struktura egzotycznych, neutrono-nadmiarowych produktów rozszczepienia o masach w okolicy $A = 110$.

b) Jednotematyczny cykl publikacji przedstawiających osiągnięcie naukowe

- [A1] **J. Kurpeta**, W. Urban, A. Płochocki, J. Rissanen, J. A. Pinston, V. -V. Elomaa, T. Eronen, J. Hakala, A. Jokinen, A. Kankainen, P. Karvonen, I. D. Moore, H. Penttilä, A. Saastamoinen, C. Weber, J. Äystö, “Low-spin excitations in the ^{109}Tc nucleus”, *Physical Review C* 86, 044306 (2012)
- [A2] **J. Kurpeta**, A. Jokinen, H. Penttilä, A. Płochocki, J. Rissanen, W. Urban, J. Äystö, “Trap-assisted studies of odd, neutron-rich isotopes from Tc to Pd”, *Hyperfine Interactions* DOI 10.1007/s10751-012-0616-5, opublikowano online 4 kwietnia 2012
- [A3] **J. Kurpeta**, W. Urban, A. Płochocki, J. Rissanen, J. A. Pinston, V. -V. Elomaa, T. Eronen, J. Hakala, A. Jokinen, A. Kankainen, P. Karvonen, I. D. Moore, H. Penttilä, A. Saastamoinen, C. Weber, J. Äystö, “Signatures of oblate deformation in the ^{111}Tc nucleus”, *Physical Review C* 84, 044304 (2011)
- [A4] J. Rissanen, **J. Kurpeta**, V. -V. Elomaa, T. Eronen, J. Hakala, A. Jokinen, I. D. Moore, P. Karvonen, A. Płochocki, L. Próchniak, H. Penttilä, S. Rahaman, M. Reponen, A. Saastamoinen, J. Szerypo, W. Urban, C. Weber, J. Äystö, “Decay study of ^{114}Tc with a Penning trap”, *Physical Review C* 83, 011301 (2011)
- [A5] J. Rissanen, **J. Kurpeta**, A. Płochocki, V.-V. Elomaa, T. Eronen, J. Hakala, A. Jokinen, A. Kankainen, P. Karvonen, I. D. Moore, H. Penttilä, S. Rahaman, A. Saastamoinen, W. Urban, C. Weber, J. Äystö, “Penning-trap-assisted study of ^{115}Ru beta decay”, *European Physical Journal A* 47, 97 (2011)
- [A6] **J. Kurpeta**, J. Rissanen, A. Płochocki, W. Urban, V.-V. Elomaa, T. Eronen, J. Hakala, A. Jokinen, A. Kankainen, P. Karvonen, T. Małkiewicz, I. D. Moore, H. Penttilä, A. Saastamoinen, G.S. Simpson, C. Weber, J. Äystö, „New isomer and decay half-life of ^{115}Ru ”, *Physical Review C* 82, 064318 (2010)
- [A7] **J. Kurpeta**, J. Rissanen, V.-V. Elomaa, T. Eronen, J. Hakala, A. Jokinen, P. Karvonen, I.D. Moore, H. Penttilä, A. Płochocki, S. Rahaman, S. Rinta-Antila, J. Ronkainen, A. Saastamoinen, T. Sonoda, J. Szerypo, W. Urban, Ch. Weber, J. Äystö, „Progress in trap assisted β decay spectroscopy of ^{115}Ru ”, *Acta Physica Polonica B* 41, 469 (2010)
- [A8] **J. Kurpeta**, W. Urban, A. Płochocki, J. Rissanen, V.-V. Elomaa, T. Eronen, J. Hakala, A. Jokinen, A. Kankainen, P. Karvonen, I. D. Moore, H. Penttilä, S. Rahaman, A. Saastamoinen, T. Sonoda, J. Szerypo, C. Weber, J. Äystö, „Excited states in ^{115}Pd populated in the β^- decay of ^{115}Rh ”, *Physical Review C* 82, 027306 (2010)

- [A9] **J. Kurpeta**, W. Urban, Ch. Droste, A. Płochocki, S.G. Rohoziński, T. Rząca-Urban, T. Morek, L. Próchniak, K. Starosta, J. Äystö, H. Penttilä, J.L. Durell, A.G. Smith, G. Lhersonneau, I. Ahmad, "Low-spin structure of ^{113}Ru and ^{113}Rh ", *European Physical Journal A* 33, 307 (2007)
- [A10] **J. Kurpeta**, V.-V. Elomaa, T. Eronen, J. Hakala, A. Jokinen, P. Karvonen, I. Moore, H. Penttilä, A. Płochocki, S. Rahaman, S. Rinta-Antila, J. Rissanen, J. Ronkainen, A. Saastamoinen, T. Sonoda, W. Urban, Ch. Weber, and J. Äystö, "Penning trap assisted decay spectroscopy of neutron-rich ^{115}Ru ", *European Physical Journal A* 31, 263 (2007)

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Cele naukowe

Celem naukowym przedstawionych badań było poznanie struktury neutrono-nadmiarowych jąder w okolicy masy $A = 110$, leżących na granicy obecnie znanych nuklidów, bardzo daleko od ścieżki stabilności. Liczby protonów i neutronów badanych jąder atomowych są dalekie od dobrze opisywanych przez teorię okolic liczb magicznych. Uzyskane dla takich jąder dane doświadczalne stanowią podstawę niezbędną dla testowania i udoskonalania modeli jądrowych. Liczbę jąder, które mogą istnieć jako układy związane, szacuje się obecnie na około 6000, z czego poznano do tej pory (rzadko jednak w pełni) nieco ponad połowę. Ogromna większość nieodkrytych jeszcze nuklidów to właśnie te o dużym nadmiarze neutronów a dokładne poznanie granic ich istnienia jest ciągle aktualnym wyzwaniem dla fizyki jądrowej.

Większość przedstawionych wyników dotyczy jąder o nieparzystych liczbach masowych. Układ ich poziomów wzbudzonych jest bardziej złożony niż w jądrach parzystych, co pozwala na uzyskanie głębszego wglądu w strukturę jądrową.

Badane jądra atomowe o skrajnie dużym nadmiarze neutronów leżą w pobliżu ścieżki astrofizycznego procesu szybkiego wychwyty neutronu (tzw. procesu r). Proces r odpowiedzialny jest za powstawanie około połowy pierwiastków chemicznych cięższych od żelaza. Zachodzi on w czasie gwałtownych zdarzeń astrofizycznych generujących bardzo intensywne strumienie neutronów. Znajomość struktury a w szczególności deformacji jąder znajdujących się w pobliżu ścieżki procesu r jest konieczna dla lepszego poznania procesów nukleosyntezy we Wszechświecie a mierzone w ramach omawianych badań wartości energii i półokresów rozpadu beta wchodzi bezpośrednio do obliczeń przebiegu procesu r . Odtwarzanie krzywej rozpowszechnienia pierwiastków w oparciu o istniejące modele jądrowe, sugeruje osłabienie znanej struktury powłokowej w jądrach o bardzo wielkim nadmiarze neutronów. Istnieją także modele astrofizyczne, które przewidują występowanie jąder neutrono-nadmiarowych w wewnętrznych skorupach gwiazd neutronowych.

W celu uzyskania nowych informacji o neutrono-nadmiarowych jądrach pierwiastków trudnotopliwych w okolicy liczby masowej $A = 110$, leżących na granicy znanych nuklidów, użyto metody szybkiej separacji masowej on-line w połączeniu z wykorzystaniem pułapek jonowych typu Penninga. Nowatorskie połączenie separacji on-line z ogromną masową zdolnością rozdzielczą pułapek jonowych pozwoliło na uzyskanie wyników niedostępnych innymi metodami.

Obserwacja przejść gamma po rozpadzie beta nuklidów, które powstały w rozszczepieniu jąder aktynowców, umożliwia poznanie niskoenergetycznej i niskospinowej struktury poziomów jądrowych. Poziomy te stanowią podstawy pasm o wysokich spinach oraz pozwalają identyfikować konfiguracje jednocząstkowe w strukturze badanych jąder. Wyniki badania rozpadów beta uzupełniają się z danymi pochodzącymi z obserwacji (metodą wielokrotnych koincydencji) natychmiastowego promieniowania gamma fragmentów rozszczepienia ^{248}Cm i ^{252}Cf .

Metoda hamowania i transportu produktów reakcji w strudze gazu, używana w układzie IGISOL (Ion Guide Isotope Separator On-Line), pozwala wytwarzać wiązki jonów pierwiastków trudno topliwych, które nie mogą być skutecznie wytwarzane w innych typach źródeł jonów. W połączeniu z separacją masową w pułapce jonowej umożliwia to zdobywanie nowych informacji o izotopach pierwiastków charakteryzujących się wysokimi temperaturami topnienia. Dane o tych izotopach są konieczne do obliczania ciepła wytwarzanego w wypalonym paliwie jądrowym.

Osiągnięcia

Przedstawione niżej osiągnięcia są wynikiem prowadzonych przeze mnie prac doświadczalnych wykonanych według projektów [D9], [D8] i [D5], których jestem pierwszym autorem. Wyniki opublikowałem w pracach [A1 – A3], [A6 – A8] i [A10], których jestem pierwszym autorem oraz w pracach [A4, A5], których jestem drugim autorem. Dane, które wykorzystałem w pracy [A9] pochodzą z innych eksperymentów.

W pomiarach wykonywanych według projektu [D9] po raz pierwszy użyto połączenia separatora masowego IGISOL z pułapką jonową typu Penninga w celu uzyskania monoizotopowych (zawierających jony tylko jednego izotopu) wiązek nuklidów ^{113}Tc i ^{115}Ru na potrzeby spektroskopii jądrowej. Badane jądra zostały wytworzone w reakcji rozszczepienia naturalnego uranu indukowanego wiązką protonów o energii 25 MeV. W komorze źródła jonów separatora masowego IGISOL produkty reakcji są hamowane a następnie unoszone w strudze przepływającego gazu, najczęściej helu. Jednocześnie, wysoki stan ładunkowy fragmentów rozszczepienia jest redukowany do stanu +1 a wysoki potencjał jonizacji helu nie pozwala na ich całkowitą neutralizację. Wiązka jednokrotnie zjonizowanych produktów rozszczepienia kierowana jest przy pomocy pól elektromagnetycznych w stronę magnesu separującego i jednocześnie unoszący je gaz jest usuwany przez wysokowydajny układ pompowania. Masowa zdolność rozdzielcza dipola magnetycznego w układzie IGISOL $M/\Delta M \approx 500$ pozwala na odseparowanie fragmentów rozszczepienia o pożądanej liczbie A. Uzyskana w ten sposób wiązka izobarów kierowana jest do układu redukującego jej rozmycie energetyczne i zamieniającego ją na wiązkę impulsową, aby nadawała się do wykorzystania w pułapce typu Penninga. System JYFLTRAP składa się z dwóch umieszczonych współosiowo i połączonych wąskim kanałem pułapek jonowych typu Penninga. Pierwsza używana jest do przygotowywania monoizotopowych wiązek wybranych nuklidów dla potrzeb między innymi spektroskopii jądrowej. Konstrukcja drugiej pułapki umożliwia precyzyjne pomiary mas jądrowych. Wydzielenie jonów tylko jednego izotopu z wiązki izobarów jest możliwe dzięki ogromnej masowej zdolności rozdzielczej pułapki Penninga wynoszącej około 50000. Paczka jonów o wybranym A wstrzykiwana jest do pierwszej pułapki co rozpoczyna cykl przygotowania wiązki zawierającej jony tylko jednego izotopu, która nazywana jest wiązką monoizotopową. Paczka izobarów jest najpierw chłodzona w pułapce, następnie wzbudzenie

elektrycznym polem dipolowym przenosi wszystkie jony na orbity o dużym promieniu (z dala od osi pułapki). Wzbudzenie elektrycznym polem kwadrupolowym zwiększa energię ruchu jonów o wybranej (w rezonansie z częstotliwością wzbudzenia) masie. Zatem wzrasta liczba zderzeń tych jonów z gazem wypełniającym pułapkę, co powoduje, że tracą one energię kinetyczną i zbierają się na osi pułapki. Cykl pracy kończy się przyłożeniem potencjału wypychającego jony z pułapki. Tylko jony znajdujące się na osi trafiają w kanał (o średnicy 2 mm) umożliwiający opuszczenie pułapki. W ten sposób pułapkę opuszczają jony tylko jednego izobaru odseparowanego w czasie cyklu trwającego około 100 ms. Dla potrzeb spektroskopii wykorzystywana była tylko pierwsza pułapka układu JYFLTRAP a uzyskana wiązka monoizotopowa była implantowana w ruchomą taśmę znajdującą się w komorze próżniowej. W trakcie pomiarów taśma była przesuwana w regularnych odstępach czasu, aby usuwać długożyciowe produkty rozpadu badanych nuklidów. Punkt implantacji wiązki otoczony był materiałem scyntylacyjnym pełniącym rolę detektora cząstek beta. Tuż przy komorze próżniowej z detektorem cząstek beta ustawione były germanowe detektory promieniowania gamma. Jeden z nich wyposażony był w cienkie okno z berylu pozwalające na pomiar kwantów gamma o niskich energiach. W kierowanym przeze mnie eksperymencie wykorzystującym tę nowatorską metodę separacji uzyskano nowe dane o rozpadzie beta izotopu ^{115}Ru [A10] oraz wykazano przydatność metody w badaniach jeszcze bardziej egzotycznego izotopu ^{111}Mo [A10]. Zmierzono także okres półrozpadu ^{113}Tc ze znacznie lepszą dokładnością niż wcześniej znane wartości, wynik ten został opublikowany w pracy [A2].

Pomiary mas egzotycznych jąder ^{111}Mo i ^{114}Tc w pułapce Penninga wykonano w ramach projektu [D5]. Otrzymano wyniki znacząco różniące się od przewidywań modelowych opublikowanych w Atomic Mass Evaluation 2003 (G. Audi, Nucl. Phys. A 729, 337 (2003)). Powyższe pomiary mas pozwoliły na określenie nieznanymi wcześniej wartości energii rozpadu beta (Q_β) izotopów ^{111}Mo [A3] i ^{114}Tc [A4]. Tak uzyskane doświadczalne wielkości Q_β wykorzystano do obliczenia wartości zasilań beta i $\log ft$ przedstawionych w pracach [A3, A4]. Należy podkreślić, że dla każdego z nuklidów ^{111}Mo i ^{114}Tc , dane spektroskopowe oraz masy jąder uzyskano w tym samym układzie pomiarowym wykorzystując odpowiednio pierwszą i drugą z pułapek jonowych układu JYFLTRAP.

W ramach projektu [D5] przeprowadzono koincydencyjne pomiary β - γ i γ - γ rozpadu beta skrajnie egzotycznego nuklidu ^{111}Mo . Jądro tego izotopu zawiera 11 neutronów więcej niż ^{100}Mo , który ze względu na okres połowicznego zaniku równy $1,15 \times 10^{19}$ lat jest uważany za ostatni neutrono-nadmiarowy, trwały izotop molibdenu. Używając monoizotopowej wiązki ^{111}Mo z pułapki Penninga odkryto nowe stany wzbudzone w ^{111}Tc zasilane w rozpadzie beta ^{111}Mo . Wykonano również pomiary spektroskopowe dla monoizotopowej wiązki mniej egzotycznego ^{111}Tc , co zapewniło jednoznaczny identyfikację linii gamma należących do rozpadu izobarów o $A = 111$ i Z większym niż molibden (patrz Fig. 2 w [A3]). Nowo odkryte stany wzbudzone w ^{111}Tc zasilane w rozpadzie beta ^{111}Mo mogą być wyjaśnione jako przejaw deformacji typu oblate (kształt spłaszczony o dwóch głównych osiach symetrii znacznie dłuższych od trzeciej). Większość jąder atomowych o deformacji kwadrupolowej posiada kształt typu prolate (kształt wydłużony o dwóch głównych osiach symetrii znacznie krótszych od trzeciej). Tym cenniejsza jest pierwsza doświadczalna sugestia istnienia rzadko spotykanej deformacji oblate dla jąder neutrono-nadmiarowych w okolicy masy $A = 110$ [A3]. Stabilna deformacja typu oblate była już przewidywana dla jąder z tej okolicy przez niektóre obliczenia modelowe (patrz [3] w [A3]). Niedawno opublikowane (odnośniki [4, 5] w [A3]) przewidywania modelowe dopuszczają też występowanie mieszania się

konfiguracji prolate i oblate. Poziomem odpowiadającym rozwiązaniom oblate lub mieszanym prolate-oblate może być $3/2+$ o energii 30.7 keV, dyskusję tego przypadku przedstawiono w [A1]. Szeroki zakres spinów stanów wzbudzonych w ^{111}Tc populowanych w rozpadzie beta ^{111}Mo [A3] wskazuje na istnienie w ^{111}Mo rozpadającego się beta stanu izomerycznego, który nie był wcześniej obserwowany.

Badanie rozpadu beta monoizotopowych próbek ^{109}Mo metodami koincydencyjnej spektroskopii β - γ i γ - γ dostarczyło nowych informacji o stanach wzbudzonych w ^{109}Tc . Dane zebrano w dwóch eksperymentach przeprowadzonych według projektów [D5] i [D8], w których jądra ^{109}Mo wytworzono w rozszczepieniu tarczy z naturalnego uranu indukowanym neutronami o energii 25 MeV. W pierwszym eksperymencie jony ^{109}Mo były implantowane w taśmę kolekcijną co 111 ms. Taśmę odsuwano co 300 s i dlatego zaobserwowano duże natężenie przejść gamma pochodzących od długożyciowych izobarów z łańcucha rozpadu ^{109}Mo . W drugim eksperymencie jony implantowano co 121 ms a taśma była odsuwana po każdym 9-ciu implantacjach czyli co około 1 sekundę. W ten sposób skutecznie pozbywano się aktywności długożyciowych izobarów $A = 109$. Pomiar dla dwóch bardzo różniących się czasów odsuwania taśmy pomagały ustalić pochodzenie linii gamma na podstawie ich okresów półrozpadu, ponieważ stosunek natężeń linii gamma obserwowanych w obu pomiarach zależy od okresów połowicznego zaniku w rozpadzie beta. Dane zebrane z odsuwaniem taśmy co 300 sekund w połączeniu z obliczonymi względnymi zasilaniami, umożliwiły oszacowanie zasilania do stanu podstawowego w rozpadzie beta, omówiono to szczegółowo w [A1]. Około połowa natężenia rozpadu beta ^{109}Mo okazała się trafiać do stanu podstawowego i dwóch najniższych stanów wzbudzonych w ^{109}Tc [A1]. Schemat stanów wzbudzonych w ^{109}Tc zbudowano na podstawie koincydencji przejść gamma po rozpadzie beta ^{109}Mo . W szczególności koincydencje z promieniowaniem charakterystycznym K X pomogły w odkryciu nowych przejść gamma populowanych w rozpadzie ^{109}Mo oraz identyfikacji linii gamma należących do mniej egzotycznych jąder w łańcuchu rozpadów beta. W ^{109}Tc odkryto 13 nowych stanów wzbudzonych, potwierdzono też kilka przejść znanych z pomiarów natychmiastowego promieniowania gamma fragmentów rozszczepienia spontanicznego ^{248}Cm . W pomiarach koincydencji γ -K X wyznaczono doświadczalne współczynniki konwersji wewnętrznej dla kilku przejść o niskich energiach. Zmierzone współczynniki konwersji, zasilania i wartości $\log ft$ w rozpadzie beta oraz podobieństwo schematów rozpadu ^{107}Mo i ^{109}Mo pozwoliły przypisać spiny i parzystości do wielu stanów w ^{109}Tc . Najbardziej prawdopodobny spin stanu podstawowego ^{109}Mo to $5/2+$ w zgodzie z danymi z literatury. Trzy nowo odkryte stany w ^{109}Tc o energiach 7.0, 18.0 i 50.4 keV można interpretować jako jednocząstkowe konfiguracje protonowe $3/2$ -[301], $5/2$ -[303] i $1/2$ + [431], których można spodziewać się na podstawie systematyk. Wyjaśnienia nadal wymaga brak obserwacji przejścia 50.4 keV. Kolejne trzy poziomy w ^{109}Tc o energiach 333.1, 358.6 i 423.8 keV oraz proponowanych spinach $3/2+$, $7/2+$ i $5/2+$ można interpretować jako należące do pasma $K = 1/2$ o deformacji trójosiowej zbudowanego na konfiguracji stanu podstawowego π $5/2$ + [422]. Tego typu stany są dosyć dobrze odtwarzane w ^{107}Tc i ^{109}Tc przez obliczenia w modelu kwazicząstka + rotor (QPRM), porównanie pokazano na rys. 10 w [A1]. W ^{107}Tc i ^{109}Tc są dwa poziomy o energiach odpowiednio 850.7 i 745.0 keV, które rozpadają się w bardzo podobny sposób. Można je interpretować jako konfiguracje $7/2$ + [413] o liczbie $K = 7/2$, pochodzące z orbitala π $g9/2$. Poziomy te są bardzo dobrze odtwarzane przez model QPRM, patrz [A1]. Schematy stanów wzbudzonych w jądrach ^{107}Tc i ^{109}Tc są do siebie bardzo podobne ale zdecydowanie różnią się od schematu poziomów w sąsiednim ^{111}Tc [A3]. To załamanie systematyki

jest interpretowane jako przejście od deformacji prolate do oblate. Konieczne są dalsze badania, zarówno doświadczalne jak i teoretyczne, niskoenergetycznych wzbudzeń w jądrach ^{107}Tc , ^{109}Tc i ^{111}Tc . Szczególnie istotne byłoby jednoznaczne przypisanie spinów i parzystości do stanów we wszystkich trzech izotopach technetu.

Połączenie danych z rozszczepienia spontanicznego i rozpadu beta dostarczyło nowych informacji o niskospinowej strukturze poziomów w ^{113}Ru i ^{113}Rh [A9]. Neutrono-nadmiarowe jądra rutenu i rodu znajdują się w obszarze występowania stanów wtrąconych o niskiej energii, deformacji trójosiowej oraz współistnienia kształtów. Badane nuklidy powstały jako fragmenty rozszczepienia ^{238}U indukowanego protonami. Poddano je separacji masowej w układzie IGISOL tak, aby uzyskać wiązkę jąder o liczbie masowej $A = 113$. Rozpadające się beta jądra w łańcuchu izobarycznym $A = 113$ badane były metodami koincydencyjnej spektroskopii β - γ i γ - γ , uzyskano w ten sposób informacje o niskospinowych stanach wzbudzonych w ^{113}Ru i ^{113}Rh zasilanych w rozpadzie beta odpowiednio ^{113}Tc i ^{113}Ru . Stany wzbudzone w jądrach ^{113}Ru i ^{113}Rh wytworzonych w rozszczepieniu spontanicznym ^{248}Cm zbadano metodą wielokrotnych koincydencji natychmiastowych kwantów gamma. Wykorzystano układ EUROGAM 2, zawierający spektrometry promieniowania gamma wyposażone w osłony antykomptonowskie. Pomiaru te dostarczyły informacji o kaskadach przejść gamma schodzących ze stanów o wysokich spinach. Wzajemnie uzupełniające się dane z rozpadu beta i rozszczepienia spontanicznego pozwoliły na nowe przypisanie spinów stanom w ^{113}Ru . Stanowi izomerycznemu w ^{113}Ru o okresie połowicznego zaniku 0.5 s, znanemu z wcześniejszej pracy [33]¹, przypisano spin 7/2- [A9] (w miejsce wcześniej postulowanego 11/2-). Potwierdzono też, że stan ten jest podstawą pasma rotacyjnego. Stanowi podstawowemu ^{113}Ru przypisano spin 1/2+ w miejsce wcześniej sugerowanego na podstawie systematyk 5/2+ [A9]. Strukturę parzysto-nieparzystego jądra ^{113}Ru udało się opisać w ramach modelu sprzężenia rdzenia z kwazicząstką CQPC (Core-Quasiparticle Coupling) przyjmując występowanie deformacji trójosiowej [A9]. Wyniki przedstawione w pracy [A9] pokazują jak połączenie danych uzyskanych metodami spektroskopii natychmiastowego promieniowania γ (EUROGAM 2) i spektroskopii po rozpadzie beta (IGISOL) może pomóc w badaniu złożonej struktury jąder nieparzystych.

Sukces jaki przyniosło pierwsze zastosowanie pułapki jonowej w celu uzyskania monoizotopowej wiązki ^{115}Ru [A10] stanowił zachętę do dalszego wykorzystania tej metody w badaniu egzotycznych izotopów o liczbie masowej $A = 115$. Pomiaru przeprowadzone według projektu [D8], dzięki zwiększeniu wydajności separacji w pułapce jonowej, umożliwiły uzyskanie nowych danych o rozpadzie beta ^{115}Ru . Pierwsze wyniki przedstawione w raporcie konferencyjnym [A7], sugerowały odkrycie nowego stanu izomerycznego oraz możliwość poprawienia znanego z literatury okresu połowicznego zaniku ^{115}Ru . Ze względu na niewielką ilość zebranych danych oraz krótką (w porównaniu z mierzonym półokresem zaniku) bazę czasową 111 ms przeprowadzono dodatkowe pomiary rozpadu beta ^{115}Ru . Ponownie wykorzystano separator masowy IGISOL sprzężony z pułapką Penninga do separacji masowej produktów rozszczepienia ^{238}U w celu przygotowania monoizotopowych próbek ^{115}Ru . Zmierzony wcześniej z użyciem samego separatora IGISOL (J. Åystö et al., Phys. Rev. Lett. 69, 1167 (1992)) okres połowicznego zaniku ^{115}Ru wynosił 740(80) ms, natomiast pierwsze pomiary wykorzystujące pułapkę jonową wskazywały na mniejszą wartość [A7]. Dlatego do pomiaru okresu połowicznego zaniku ^{115}Ru zastosowano bazę

1 Numery te odnoszą się do pozycji na liście publikacji w załączniku 4

czasową o długości 1 sekundy. Dane pomiarowe zbierane były przez układ analogowy równoległe z cyfrowym systemem zbierania danych zbudowanym w ramach projektu badawczego [B1]. Eksperyment ten przeprowadzono wykorzystując czas wiązki przyznany w projekcie [D5]. Zmierzono okres połowicznego zaniku ^{115}Ru równy 318(19) ms [A6] a więc istotnie różny od wcześniej opublikowanego przez J. Åystö et al. Zawyżony okres połowicznego zaniku w badaniach wykorzystujących tylko separator IGISOL spowodowany był przekrywaniem się dwóch przejść gamma: najintensywniejszej linii zasilanej w rozpadzie ^{115}Ru i linii o zbliżonej energii zasilanej w rozpadzie izobaru ^{115}Pd . Połączenie układu IGISOL z pułapką jonową pozwoliło uzyskać monizotopową wiązkę ^{115}Ru wolną od dominującego wkładu mniej egzotycznych (produkowanych z większymi przekrojami czynnymi) izobarów i zmierzyć rzeczywisty okres połowicznego zaniku ^{115}Ru . Warto zaznaczyć, że okresy połowicznego zaniku w rozpadzie beta na granicy poznanych nuklidów są bardzo ważnym parametrem wejściowym dla modelowania struktury jądrowej oraz przebiegu astrofizycznego procesu r .

Badanie rozpadu beta monoizotopowych próbek ^{115}Ru pozwoliło również na odkrycie stanu izomerycznego w ^{115}Ru populowanego bezpośrednio w rozszczepieniu, potwierdzając sugestie przedstawione w [A7]. Dane doświadczalne [A6] wskazują na obecność poziomu o spinie $3/2+$ znajdującego się 61.7 keV ponad stanem podstawowym $1/2+$ w ^{115}Ru i poziomu izomerycznego $7/2-$ położonego około 20 keV (co wyklucza konwersję przejścia izomerycznego na powłocę K) ponad poziomem $3/2+$. Przy takiej interpretacji izomer $7/2-$ rozładowuje się przez nieobserwowane przejście M2 do stanu $3/2+$, który następnie rozładowuje się przez zmieszane M1+E2 przejście 61.7 keV do stanu podstawowego $1/2+$. Zanik w czasie natężenia linii 61.7 keV umożliwił wyznaczenie okresu połowicznego rozpadu stanu izomerycznego $7/2-$ na 76(6) ms. Podobny stan izomeryczny odkryto w ^{113}Ru [33] używając samego separatora IGISOL a więc wiązki będącej mieszaniną izobarów o masie $A = 113$. Poziom 61.7 keV w ^{115}Ru można byłoby interpretować jako orbital $3/2+$ [402] w modelu Nilssona dla deformacji prolate. Jednak trend wyznaczany przez położenie stanów $3/2+$ i $7/2-$ w ^{111}Ru i ^{113}Ru sugeruje, że orbital prolate $3/2+$ [402] w ^{115}Ru będzie znajdował się ponad poziomem $7/2-$. Poziom $3/2+$ może znajdować się poniżej izomeru $7/2-$ w ^{115}Ru jeśli odpowiada on nilssonowskiemu orbitalowi $3/2+$ [431] o deformacji oblate. Bardziej jednoznaczna interpretacji stanów w ^{115}Ru wymaga nowych danych doświadczalnych o tym bardzo neutrono-nadmiarowym jądrze znajdującym się obecnie na granicy znanych nuklidów.

Analiza koincydencji linii gamma umożliwiła znaczne rozbudowanie schematu stanów wzbudzonych w ^{115}Rh zasilanych w rozpadzie beta ^{115}Ru [A5] względem wstępnych schematów opublikowanych w [A10, A7]. Na tej podstawie zaproponowano stany $3/2+$ 696.0 keV, $1/2+$ 730.9 keV i $5/2+$ 935.0 keV jako należące do pasma $K = 1/2$ odpowiadającego protonowemu orbitalowi Nilssona $1/2+$ [431] o deformacji prolate, który schodzi znad zamkniętej powłoki $Z = 50$ (tzw. stan wtrącony). Rozszerzenie schematu rozpadu ^{115}Ru umożliwiło oszacowanie rozkładu nasilenia przejść dla występującego tu rozpadu beta typu Gamowa-Tellera. Rozkłady zasilania beta w rozpadach ^{111}Ru , ^{113}Ru , ^{113m}Ru wykazują wyraźne maksima związane z zasilaniem stanów trójkwazicząstkowych o energiach około 2 MeV. Dla rozpadu ^{115}Ru natężenie zasilania beta jest niemal równomiernie rozłożone bez wyraźnego maksimum, co pokazuje porównanie na rys. 7 w [A5]. Sugeruje to zmianę struktury jądra rozpadającego się (Ru) lub jądra potomnego (Rh) przy przejściu od izobarów o $A = 113$ do $A = 115$. Na zmianę struktury jądrowej wskazuje również porównanie schematów rozpadu beta ^{113}Ru i ^{115}Ru . W schemacie rozpadu beta ^{115}Ru [A5] prawie nie występują przejścia gamma do stanu podstawowego w przeciwieństwie do schematu rozpadu

sąsiedniego jądra ^{113}Ru [28].

Dane przedstawione w [A5] dopuszczają spin $3/2+$ dla stanu podstawowego ^{115}Ru zamiast postulowanego wcześniej $1/2+$ [A6]. Przyjęcie spinu $3/2+$ wymaga zmiany spinu stanu izomerycznego z $7/2-$ na $9/2-$ i pośredniego stanu 61.7 keV z $3/2+$ na $5/2+$. Ewentualne zwiększenie wartości spinów o jedną jednostkę nie zmienia zasadniczo opisanej powyżej możliwości interpretacji odwołującej się do orbitali Nilssona o deformacji oblate. Deformacja kwadrupolowa typu oblate w bardzo neutrono-nadmiarowych jądrach w okolicach liczby masowej $A = 110$ jest przewidywana przez obliczenia teoretyczne F.R. Xu, P.M. Walker, R. Wyss, Phys. Rev. C 65, 021303 (2002). Natomiast w pracy P. Sarriguren, J. Pereira, Phys. Rev. C 81, 064314 (2010) przewidywany jest brak wyraźnego minimum potencjału dla kształtu oblate co prowadzi do występowania konkurujących ze sobą kształtów prolate i oblate. Dlatego konieczne są dalsze eksperymenty wykorzystujące metodę separacji egzotycznych fragmentów rozszczepienia w pułapce jonowej, których możliwe kierunki przedstawiono w pracy [A2].

Dane doświadczalne zebrane dla monoizotopowej wiązki ^{115}Ru pozwoliły też na zbadanie mniej egzotycznych izobarów w łańcuchu rozpadów beta. Jądra ^{115}Ru rozpadają się z okresem połowicznego zaniku $318(19)\text{ ms}$ [A6] do stanów w ^{115}Rh , który z okresem 0.99 s rozpada się beta do stanów w ^{115}Pd . Jony ^{115}Ru były implantowane w taśmę przesuwaną co 300 sekund i powstający w rozpadzie beta ^{115}Rh mógł przez wiele swoich okresów połowicznego zaniku zasilać stany wzbudzone w ^{115}Pd . Umożliwiło to koincydencyjne pomiary przejść gamma w ^{115}Pd i zbudowanie schematu pokazanego w pracy [A8]. Schemat potwierdził wszystkie stany i przejścia znane wcześniej jako zasilane w rozpadzie beta. Zaobserwowano również linię 38.8 keV znaną z pomiarów natychmiastowych przejść gamma. Wyniki przedstawione w [A8] potwierdzają przypisanie stanowi podstawowemu ^{115}Pd spinu $1/2+$ i co za tym idzie spinu $7/2-$ izomerowi 89.1 keV . Przedstawione w [A8] systematyki poziomów zwracają uwagę na korelację występującą między wzbudzeniami $2+$ w izotopach parzysto-parzystych a wzbudzeniami o ujemnej parzystości w izotopach o nieparzystej liczbie masowej dla izotopów rutenu i palladu. Podobne korelacje są też możliwe dla izotopów molibdenu, na razie zbyt słabo zbadanych ze względu na swój bardzo egzotyczny charakter. Systematyki pokazane w [A8] sugerują występowanie deformacji typu oblate dla izotopów palladu o bardzo dużym nadmiarze neutronów.

Metoda separacji masowej on-line z użyciem układu IGISOL pozwala na wytwarzanie wiązek skrajnie neutrono-nadmiarowych nuklidów dla pierwiastków takich jak technet, ruten, rod i pallad. Ze względu na wysokie temperatury topnienia, izotopy tych pierwiastków są trudne do uzyskania z innych typów źródeł jonów. Sprzężenie układu IGISOL i pułapki jonowej w celu otrzymywania monoizotopowych wiązek wybranych nuklidów znacząco podnosi czułość i selektywność badań metodami spektroskopii jądrowej. Perspektywy dalszego rozwoju badań wykorzystujących zalety monoizotopowych wiązek egzotycznych nuklidów przedstawione są w pracy [A2]. Należy do nich wykorzystanie dopełniających się danych spektroskopowych pochodzących z rozpadu beta i emisji natychmiastowego promieniowania gamma, dokładne pomiary okresów połowicznego zaniku rozpadów beta, badanie korelacji kątowych i polaryzacji promieniowania gamma, pomiary elektronów konwersji, identyfikacja stanów i przejść izomerycznych oraz określanie zasilania stanów podstawowych w rozpadach beta.

Dane uzyskane dzięki separatorowi IGISOL o rozpadzie beta ^{113}Tc i ^{113}Ru [28, 33] w połączeniu ze spektroskopią natychmiastowych kwantów gamma fragmentów

rozszczeplenia ^{248}Cm pozwoliły zidentyfikować nowe pasmo w ^{113}Ru i ustalić nowe spiny stanów w ^{113}Ru i ^{113}Rh , co opisano powyżej i omówiono szczegółowo w pracy [A9]. W danym jądrze struktury stanów wzbudzonych zasilanych w rozpadzie beta i rozszczepieniu spontanicznym znacząco się różnią. Najczęściej w rozpadzie beta zasilane są stany o niskich spinach (jako zbliżonych do spinu rozpadającego się jądra) i niskich energiach. Natomiast fragmenty rozszczepienia spontanicznego powstają w stanach o wysokich spinach i wysokich energiach, które zwykle rozładują się przez długie kaskady przejść gamma niosących informacje o strukturze pasmowej stanów wzbudzonych. Dane z rozpadu beta dostarczają informacji o stanach będących podstawami pasm, w szczególności o ich położeniu względem stanu podstawowego. Powtórny pomiar okresu półrozpadu ^{115}Ru [A6] dobitnie pokazuje zalety wykorzystania pułapki Penninga jako dodatkowego stopnia separacji masowej. Kolejną metodą badawczą, która odniesie korzyści z czystych, monoizotopowych próbek egzotycznych nuklidów są pomiary korelacji kątowych i polaryzacji promieniowania gamma. Multipolowość przejścia gamma można określić mierząc jego rozkład kątowy, z użyciem dużych macierzy detektorów germanowych. Odróżnienie przejść elektrycznych od magnetycznych wymaga określenia polaryzacji liniowej promieniowania gamma, wykorzystując rozpraszanie komptonowskie. Informacje o charakterze (E lub M) i multipolowości przejść gamma są bardzo pomocne dla właściwej interpretacji schematów poziomów wzbudzonych. Rozpad beta często prowadzi do stanów wzbudzonych, które rozładują się przez przejścia gamma lub przez konkurujący proces konwersji wewnętrznej. Współczynnik konwersji wewnętrznej przejścia gamma niesie informację o jego parzystości i multipolowości. Tradycyjną spektroskopię elektronów konwersji można znacznie ulepszyć mierząc elektrony konwersji z monoizotopowych próbek schwytych w polu magnetycznym pułapki Penninga gdzie emitowane elektrony nie są narażone na oddziaływania z otaczającą materią. Identyfikację stanów izomerycznych w spektroskopii rozpadu beta z wykorzystaniem pułapki jonowej opisano już przy odkryciach izomerów w ^{115}Ru [A6] i ^{114}Tc [A4].

Zasilanie stanu podstawowego w rozpadzie beta nie może być określone w pomiarach wykorzystujących tylko detektory promieniowania gamma i cienkie (transmisyjne) liczniki cząstek beta. W układzie JYFLTRAP liczba jonów uwalnianych z pułapki może być zliczana przed ich dotarciem do układu detektorów. Ponieważ wiązka jonów zawiera tylko jeden izotop to liczba jonów uwolnionych z pułapki w połączeniu z natężeniami beta i gamma zmierzonymi przez detektory może posłużyć do oszacowania całkowitego natężenia rozpadu beta. Daje to możliwość oszacowania zasilania do stanu podstawowego, które jest istotne przy wyznaczaniu zasilania beta i wartości $\log ft$ dla pozostałych poziomów wzbudzonych.

Dla skrajnie neutrono-nadmiarowych jąder, które można badać z użyciem wiązek monoizotopowych, rośnie prawdopodobieństwo emisji neutronu. Dlatego użycie detektora neutronów do badania emisji neutronów opóźnionych jest logicznym rozszerzeniem spektroskopii rozpadu beta z użyciem pułapki jonowej. Nowe, fascynujące perspektywy spektroskopii rozpadu izomerów związane są z nową metodą przygotowywania czystych próbek wybranych stanów izomerycznych. Pierwszy taki pomiar przy układzie JYFLTRAP został z sukcesem przeprowadzony dla niobu [5].

Badania egzotycznych, neutrono-nadmiarowych nuklidów o masach w okolicy $A = 110$ będą kontynuowane po uruchomieniu separatora IGISOL i systemu pułapek JYFLTRAP na wiązce nowego cyklotronu MCC30/15 w laboratorium Uniwersytetu w Jyväskylä. Wyższe natężenia wiązek protonów i deuteronów z nowego cyklotronu powinny

zapewnić monoizotopowe wiązki izobarów, których produktami rozpadu beta są najbardziej egzotyczne z obecnie zbadanych nuklidów [A2]. Planowane badania będą prowadzone według zaakceptowanych projektów eksperymentów [D1, D3], których jestem pierwszym autorem.

Podsumowanie osiągnięć

Przedstawione osiągnięcia jednoznacznie dowodzą, że połączenie separatora masowego IGISOL z pułapkami jonowymi stanowi nowy sposób otrzymywania czystych, monoizotopowych wiązek neutrono-nadmiarowych nuklidów leżących na granicy zasięgu współczesnych metod badawczych. Wiązki zawierające tylko jeden wybrany nuklid są najlepszą próbką radioaktywną do badań metodami koincydencyjnej spektroskopii β - γ i γ - γ . Spektroskopia monoizotopowych wiązek ^{111}Mo umożliwiła odkrycie rzadko spotykanej deformacji oblate w ^{111}Tc a także odkrycie nowego stanu izomerycznego w skrajnie egzotycznym jądrze ^{111}Mo . Badanie łańcucha rozpadów beta jąder o $A = 115$ pozwoliło odkryć nowy izomer w ^{115}Ru , znaleźć nowy okres połowicznego zaniku dla rozpadu ^{115}Ru , rozszerzyć schemat poziomów w ^{115}Rh , zbadać stany w ^{115}Pd zasilane w rozpadzie ^{115}Rh oraz uzyskać przesłanki za występowaniem deformacji oblate w izotopach palladu o bardzo dużym nadmiarze neutronów. Odkryto także nowy izomer w jądrze ^{114}Tc i po raz pierwszy określono wartości energii rozpadu beta ^{111}Mo i ^{114}Tc . Osiągnięte wyniki pochodzą z serii eksperymentów wykonanych według projektów [D9], [D8] i [D5], których jestem pierwszym autorem. Badania przeprowadzono używając separatora masowego IGISOL i układu pułapek jonowych JYFLTRAP w laboratorium Uniwersytetu w Jyväskylä w Finlandii. Ponadto dla jąder rutenu i rodu o masie $A = 113$ pokazano możliwości badawcze wynikające z połączenia dopełniających się danych ze spektroskopii rozpadu beta i pomiarów natychmiastowego promieniowania gamma.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych).

Osiągnięcia po uzyskaniu stopnia doktora

Brałem udział w pomiarach spektroskopowych izotopów niobu wykorzystujących połączenie separatora masowego IGISOL z systemem pułapek jonowych JYFLTRAP. Ważnym osiągnięciem tego eksperymentu było przeprowadzenie separacji masowej (w pułapce Penninga) stanów izomerycznych różniących się masą o około 300 keV. Dla jąder o $A = 100$ odpowiada to rozdzielczości masowej około 3 części na milion. Zwykle rozpad beta neutrono-nadmiarowego nuklidu prowadzi do stanów wzbudzonych w jądrze końcowym, które rozładują się przez przejścia gamma. W niektórych jądrach występują dwa stany rozpadające się beta, których energie i półokresy rozpadu są niemal takie same, co uniemożliwia eksperymentalne rozróżnienie ich ścieżek rozpadu. Ma to szczególne znaczenie dla bardzo egzotycznych jąder, których energie rozpadu beta około 10 lub więcej MeV, są bardzo duże w porównaniu z typowymi energiami stanów izomerycznych sięgających najwyżej kilkuset keV. Powoduje to, że różnice okresów połowicznego rozpadu beta stanu podstawowego i izomerycznego są bardzo trudne do zmierzenia. Zazwyczaj obserwujemy w jądrze końcowym mieszaninę przejść gamma między poziomami zasilanymi w rozpadzie beta stanu podstawowego i izomerycznego. Nowa metoda separacji różnych stanów jąder, rozwinięta niedawno dla układu JYFLTRAP, umożliwiła rozdzielenie stanu izomerycznego (5+) o energii wzbudzenia 313 keV od stanu podstawowego 1+ w ^{100}Nb . Po raz pierwszy wykonano koincydencyjne pomiary β - γ i γ - γ oddzielnie dla gałęzi rozpadu beta izomeru (5+) i

stanu podstawowego $1+$ w ^{100}Nb . Wyniki przedstawiono w pracy [5].

Monoizotopowe próbki ^{115}Ru zostały przygotowane z użyciem pułapki Penninga w eksperymencie, który prowadziłem na podstawie projektu [D5]. Jony ^{115}Ru były implantowane w taśmę kolekcyjną, którą przesuwano co około 300 s, aby usunąć nagromadzoną aktywność produktów łańcucha rozpadów. Ze względu na stosunkowo długi czas gromadzenia próbek, zebrano znaczną ilość danych dla mniej egzotycznych produktów rozpadu ^{115}Ru . Wynik dla rozpadu ^{115}Ru zostały opublikowane w [A5, A6, A7] a wyniki odnoszące się do rozpadu ^{115}Rh w [A8]. Rozpad beta ^{115}Pd i izomeru $^{115\text{m}}\text{Pd}$ pozwoliły na zbadanie stanów wzbudzonych w ^{115}Ag . Schematy rozpadu beta obu stanów zostały znacząco rozszerzone, zwłaszcza schemat rozpadu $^{115\text{m}}\text{Pd}$, który wcześniej był praktycznie nieznany. W ^{115}Ag udało się zidentyfikować kilka różnych struktur takich jak pasma rotacyjne, poziomy nie związane z rotacją oraz grupę poziomów o energii około 2 MeV, które mogą być stanami o charakterze trójkwazicząstkowym. Wyniki przedstawiono szczegółowo w pracy [2].

W trakcie eksperymentów, które prowadziłem według projektu [D5], zmierzono energię stanu izomerycznego o okresie połowicznego zaniku 2.0 s w jądrze ^{98}Y używając układu JYFLTRAP. Uzyskana doświadczalnie wartość energii izomeru (na razie nieopublikowana) jest znacząco różna od podawanego w literaturze oszacowania 410(30) keV. Pomiary tego typu są bardzo dobrym uzupełnieniem dla oszacowań energii stanów izomerycznych uzyskanych metodami spektroskopii promieniowania gamma.

W roku 2008 zaproponowałem badanie nuklidu ^{85}As [D6] przy wykorzystaniu separatora izotopów Lohengrin działającego na wiązce neutronów z reaktora badawczego w Institut Laue-Langevin w Grenoble (Francja). Neutrono-nadmiarowe jądro ^{85}As posiada 5 protonów więcej niż zamknięta powłoka $Z = 28$ i dwa neutrony więcej niż zamknięta powłoka $N = 50$. Jądra w tym rejonie karty nuklidów są obiektem intensywnych badań teoretycznych i doświadczalnych ze względu na bliskie sąsiedztwo jądra ^{78}Ni , które powinno być jądrem podwójnie magicznym ($Z = 28$ i $N = 50$). Rozpad ^{85}As prowadzi do stanów wzbudzonych w ^{85}Se na drodze przemiany beta oraz do stanów wzbudzonych w ^{84}Se przez emisję neutronów opóźnionych. Spektroskopia produktów rozpadu ^{85}As dostarcza informacji o strukturze jądrowej dla skrajnych stosunków N/Z a w przypadku jąder nieparzystych o własnościach jednocząstkowych stanów o niskich energiach wzbudzenia. Jądra ^{85}As wytworzono w rozszczepieniu ^{235}U indukowanym neutronami z reaktora jądrowego. Fragmenty rozszczepienia odfiltrowano na podstawie ich stosunku masy do ładunku A/q w separatorze Lohengrin dostrojonym do masy $A = 85$. Zwykle tego rodzaju separacja pozostawia pewne ilości jonów o innych masach, ze względu na zbliżoną wartość stosunku A/q . Dlatego pomiary wykonano dla trzech wartości q , aby zidentyfikować linie gamma pochodzące z niechcianych mas. Aby mierzyć okresy połowicznego zaniku badanych jąder, użyto elektrostatycznego przerywacza wiązki, który dostarczał jony do punktu pomiaru w ustalonych przedziałach czasu. Podobnie jak w eksperymentach z separacją izotopów w pułapce Penninga, w punkcie pomiaru wiązka jonów była implantowana w ruchomą, plastikową taśmę kolekcyjną. Okresowe odsuwanie taśmy kolekcyjnej usuwało nieinteresujące, długożyciowe produkty przemian jądrowych. Punkt implantacji wiązki otoczony był cienkimi licznikami cząstek beta oraz detektorami germanowymi rejestrującymi kwanty gamma. Koincydencyjna spektroskopia β - γ i γ - γ umożliwiła zbudowanie schematu poziomów i przejść w ^{85}Se zasilanych w rozpadzie beta ^{85}As [4]. Wykorzystano także dane pochodzące ze spektroskopii

natychmiastowych przejść gamma we fragmentach rozszczepienia spontanicznego ^{248}Cm i ^{252}Cf . Dzięki połączeniu danych spektroskopowych z rozpadu beta i pomiarów natychmiastowych przejść gamma udało się określić spiny i parzystości niskoenergetycznych stanów w ^{85}Se . Potwierdzono spin 5/2- dla stanu podstawowego ^{85}As . Wyniki wskazują też, że stany wzbudzone w ^{85}Se , które rozpadają się emitując neutrony opóźnione mają wartości spinów co najmniej 3/2. Uzyskane wyniki szczegółowo przedstawiono w pracy [4].

Sukces pomiarów rozpadu beta ^{85}As przy separatorze Lohengrin był zachętą do przygotowania kolejnego projektu eksperymentu z użyciem tego urządzenia. W 2010 roku w Institut Laue-Langevin w Grenoble zaakceptowano projekt [D4], którego jestem pierwszym autorem. Celem proponowanych badań jest pomiar koincydencji kwantów gamma i elektronów w celu wyznaczenia współczynników konwersji wewnętrznej przejść zasilanych w rozpadach beta ^{107}Mo i ^{109}Mo . Pozwoli to na przypisanie z dużą wiarygodnością spinów i parzystości niskoenergetycznych stanów wzbudzonych. W ten sposób uzupełnione zostaną dane uzyskane wcześniej dla rozpadu beta ^{109}Mo w badaniach wykorzystujących pułapki jonowe [A1].

Uzyskane wcześniej wyniki w łańcuchu rozpadów $A = 113$ [A9] oraz dla rozpadu beta ^{85}As [4] wskazują na duże możliwości badawcze łącznego wykorzystywania danych uzyskiwanych z rozpadu beta i spektroskopii natychmiastowych przejść gamma. Dlatego przygotowałem projekt eksperymentu [D2], którego celem jest spektroskopia natychmiastowego promieniowania gamma fragmentów rozszczepienia o masach około $A = 110$. Zebrane dane uzupełnią moje wcześniejsze badania rozpadów beta nuklidów w tym obszarze masowym. Badane jądra atomowe będą wytworzone jako fragmenty rozszczepienia tarczy ^{241}Pu indukowanego neutronami termicznymi ze źródła wykorzystującego reaktor jądrowy w Institut Laue-Langevin. Pomiary wielokrotnych koincydencji natychmiastowego promieniowania gamma fragmentów rozszczepienia będą wykonane spektrometrem EXOGAM. Projekt [D2], którego jestem pierwszym autorem, został zaakceptowany w 2012 roku.

Od roku 2008 prowadzę projekt obliczeniowy [B2] w Interdyscyplinarnym Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego (ICM) Uniwersytetu Warszawskiego. Projekt dotyczy symulacji numerycznych naddźwiękowych strug (dżetów) gazowych występujących w czasie pracy źródła jonów separatora masowego typu IGISOL. Źródło to wykorzystywane jest w separacji produktów reakcji jądrowych w celu uzyskania wiązek radioaktywnych izotopów. Zaletą układu IGISOL jest dostarczanie wiązek jonów pierwiastków trudno topliwych, które trudno wydajnie produkować w innych typach źródeł jonów. Duża szybkość pracy wynikająca z wykorzystania przepływu gazu do hamowania i transportu produktów reakcji umożliwia uzyskiwanie wiązek izotopów o krótkich (rzędu milisekund) okresach połowicznego zaniku. Wydajność i szybkość źródła jonów układu IGISOL ma decydujące znaczenie dla działania wszystkich układów wykorzystujących jego wiązkę takich jak spektroskopia laserowa i pułapki jonowe JYFLTRAP. Celem projektu jest zbadanie wpływu kształtu dyszy wylotowej i ciśnienia gazu na zachowanie naddźwiękowych dżetów gazowych, tak aby znaleźć najlepsze warunki pracy źródła jonów. Aby zapewnić zgodność wyników symulacji z rzeczywistością, są one sprawdzane przez porównywanie z rezultatami doświadczalnych obserwacji dżetów gazowych prowadzonych w laboratorium Uniwersytetu w Jyväskylä. Wyniki symulacji prezentowane były w czasie sesji sprawozdawczej ICM UW [C2], w publikacji [7] oraz zostały przedstawione w pracy magisterskiej wykonanej pod moim kierunkiem.

W roku 2008 w laboratorium Uniwersytetu w Jyväskylä brałem udział w dwóch pomiarach konwersji wiązki deuteronów na wiązkę neutronów przy użyciu tarcz z wody, ciężkiej wody i węgla jako konwerterów. Eksperymenty przeprowadzono na podstawie projektu [D7]. Wytwarzanie wiązek neutronów o pośrednich energiach (rzędu MeV) jest istotne jako metoda produkcji jąder neutrono-nadmiarowych w rozszczepieniu, dla uzupełniania baz danych o przekrojach czynnych, w nauce o materiałach, itd. Systematyczne badanie własności neutronów wytwarzanych przez naświetlanie grubych (zatrzymujących wiązkę) tarcz wiązkami lekkich cząstek naładowanych jest ważne dla powstających układów wytwarzania wiązek radioaktywnych następnej generacji takich jak SPIRAL2. W przeprowadzonych eksperymentach zmierzono rozkłady kątowe i energetyczne neutronów wytwarzanych w oddziaływaniu deuteronów o energii 40 MeV z węglem, wodą i ciężką wodą. Pomiary wykonano metodą aktywacji, która pozwala na określenie obwiedni ciągłego widma neutronów wytworzonego w grubej tarczy. Metoda polega na aktywacji metalowych folii przez neutrony powstające w czasie naświetlania tarczy (wybranego konwertera) wiązką z akceleratora. Dla użytych folii z glinu, kobaltu, niklu, indu i bizmutu przekroje czynne dla typowych kanałów reakcji (n, xn) , (n,p) i (n, α) są dostępne w bazach danych co umożliwia wyznaczenie zarysu energetycznego widma neutronów. Promieniowanie aktywowanych w czasie naświetlania folii było później mierzone metodami spektroskopii gamma. Dane uzyskane dla konwertera węglowego okazały się być zgodne z wynikami pomiarów metodą czasu przelotu dostępnymi w literaturze, co dowiodło poprawności użytej metody.

W roku 2004 brałem udział w testowaniu możliwości uzyskiwania wiązek neutrono-nadmiarowych jąder od wapnia ($Z = 20$) do niklu ($Z = 28$) z użyciem układu separatora masowego IGISOL w laboratorium Uniwersytetu w Jyväskylä. Kilka pierwiastków pomiędzy wapniem a niklem charakteryzuje się wysokimi temperaturami topnienia co powoduje, że trudno uzyskać wiązki ich izotopów z konwencjonalnych separatorów izotopów. Wiązki neutrono-nadmiarowych izotopów pierwiastków trudno topniwych można otrzymywać z układu IGISOL separując fragmenty rozszczepienia ciężkich aktywności indukowanego protonami lub deuteronami. Jednak przekroje czynne gwałtownie maleją dla liczb masowych poniżej $A = 70$. Dlatego zamiast rozszczepienia lepiej wykorzystać reakcje kwazi- i głęboko-nieelastyczne, takie jak $^{197}\text{Au}(^{65}\text{Cu}, X)Y$. Głównym problemem wykorzystania takich reakcji, z punktu widzenia układu IGISOL, są wysokie energie produktów, które muszą być wyhamowane w stosunkowo małej objętości wypełnionej gazowym helem. Dlatego dla układu IGISOL wykonano specjalną komorę hamującą na potrzeby reakcji kwazi- i głęboko-nieelastycznych. Produkty reakcji wiązki ^{65}Cu na tarczy z ^{197}Au zostały wyhamowane w helu, oddzielone od gazu i skierowane do dipolowego magnesu separującego w celu oddzielenia izobarów o masie $A = 63$. Uzyskaną wiązkę radioaktywną zbadano metodami koincydencyjnej spektroskopii β - γ używając germanowego detektora promieniowania gamma i krzemowych detektorów rejestrujących cząstki beta. Zaobserwowano rozpad izotopu ^{63}Co . W ten sposób po raz pierwszy pokazano, że układ IGISOL może być z powodzeniem stosowany do separacji produktów reakcji kwazi- i głęboko-nieelastycznych. Sukces ten oznacza otwarcie dostępu do nowego obszaru wiązek neutrono-nadmiarowych nuklidów, które można uzyskiwać z układu IGISOL. Szczegóły badań oraz uzyskane wyniki zostały opublikowane w pracach [19, 20].

W roku 2003 i 2004 uczestniczyłem w badaniach przechodzenia ciężkich jonów przez materię w Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) w Darmstadt (Niemcy). W

pomiarach użyto wiązek jonów uranu z synchrotronu SIS. Rozkłady stanów ładunkowych i strat energii jonów uranu przechodzących przez wybrane ośrodki stałe i gazowe zmierzono posługując się separatorem fragmentów FRS. Wyniki pomiarów przedstawione w pracy [18] pokazują różnice jonizacji w ośrodkach stałych i gazowych. Zjawisko to znane jako „gas-solid effect” polega na tym, że ciężkie jony częściowo obdarte z elektronów poruszające się z daną prędkością wykazują wyższą zdolność hamowania w ośrodkach stałych niż gazowych. Efekt ten nie jest jeszcze w pełni wyjaśniony i uzyskane dane mają znaczenie dla rozwijania opisujących go modeli. Eksperymenty zrealizowano według projektu [D10] w ramach współpracy europejskiej [B3] (określanej krótko jako IONCATCHER).

W roku 2002 kierowałem projektem badawczym [B4] poświęconym rozpadom alfa i beta egzotycznych izotopów polonu i bizmutu w łańcuchach masowych $A = 215$ i $A = 217$ z wykorzystaniem separatora masowego ISOLDE w CERN (Szwajcaria). Zastosowanie metody impulsowego uwalniania produktów reakcji w połączeniu z rezonansową jonizacją laserową pozwoliło zbadać nieosiągalne wcześniej izotopy polonu i bizmutu. Wstępne wyniki tych badań przedstawiłem w mojej rozprawie doktorskiej w roku 1999. W łańcuchu masowym $A = 215$ potwierdzono nowy schemat poziomów w ^{215}Bi oraz nową wysoko-spinową strukturę stanów w ^{215}Po , które zasilane są w rozpadzie stanu izomerycznego w ^{215}Bi . Okres półrozpadu tego stanu określono na 36.9(6) sekundy. Izomerowi temu można przypisać konfigurację $\{ [(v g_{9/2})^5 \otimes v i_{1/2}]_{10+} \otimes \pi h_{9/2} \}_{25/2 \dots 29/2-}$. Ponadto rozszerzono część schematu poziomów i przejść gamma w ^{215}Po , która zasilana jest w rozpadzie stanu podstawowego $9/2-$ jądra ^{215}Bi . W łańcuchu rozpadu izobarów $A = 217$ odkryto nowy, egzotyczny izotop ^{217}Bi i określono jego okres połowicznego zaniku na 98.5(8) s. Rozpad beta ^{217}Bi pozwolił na potwierdzenie dwóch znanych wcześniej poziomów i przejść gamma w ^{217}Po . Wyniki wskazują też na odkrycie dwóch nowych przejść gamma i jednego nowego stanu wzbudzonego w tym bardzo egzotycznym jądrze. Zmierzono okres połowicznego zaniku równy 1.53(3) s dla rozpadu alfa jądra ^{217}Po , wcześniej był on określany w literaturze jako mniejszy niż 10 s. Dane koincydencyjne wykazały istnienie w jądrze ^{213}Pb stanu wzbudzonego zasilanego bezpośrednio w rozpadzie alfa ^{217}Po . Rozpad beta jądra ^{213}Pb (produkowanego w rozpadzie alfa ^{217}Po) pozwolił na znaczące rozszerzenie schematu poziomów i przejść gamma w jądrze ^{213}Bi . Wszędzie gdzie pozwalały na to dane eksperymentalne wyliczono zasilania beta poziomów jądrowych i określono dla nich wartości $\log ft$. Ma to na celu uzyskania lepszego wglądu w strukturę zaangażowanych w rozpad beta poziomów jądrowych. Uzyskane informacje na temat struktury egzotycznych jąder neutrono-nadmiarowych stanowią cenny wkład do badań modelowych jak i eksperymentalnych. Są też materiałem wejściowym dla obliczeń modelowych astrofizycznego procesu szybkiego wychwytu neutronu, który jest jednym z mechanizmów powstawania pierwiastków cięższych od żelaza. Wyniki uzyskane dla rozpadu ^{215}Bi przedstawiono w [27] a dla rozpadów ^{217}Bi i ^{217}Po w [26].

Osiągnięcia w badaniach rozpoczętych przed a zakończonych po doktoracie

W latach od 1997 do 2007 brałem udział w przygotowywaniu i przeprowadzaniu eksperymentów przy układzie WIGISOL oraz analizie pochodzących z nich danych. WIGISOL jest separatorem masowy typu IGISOL zainstalowany na wiązce cyklotronu w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów (ŚLCJ) Uniwersytetu Warszawskiego. W pierwszych latach pracy przy separatorze WIGISOL zajmowałem się spektroskopią promieniowania gamma. Rezultaty prac wykonywanych z moim udziałem zostały wykorzystane do przygotowania projektu badań zaakceptowanego później w ramach

współpracy europejskiej IONCATCHER [B3]. W latach 2001 do 2005 prace przy separatorze WIGISOL wykonywałem na potrzeby realizacji projektu [B3]. Brałem udział w testowaniu wydajności separatora WIGISOL z wykorzystaniem wiązki cyklotronu, głównie ^{14}N na tarczy z ^{232}Th oraz w testach z wykorzystaniem rozpadającego się alfa źródła jąder odrzutu ^{223}Ra . Uczestniczyłem też w testach wydajności i szybkości ekstrakcji jonów z komory hamującej źródła jonów separatora WIGISOL oraz w badaniach efektu plazmy wywołanego przez wiązkę ciężkich jonów. Wyniki tych prac podsumowane są w publikacji [23]. Następnie zaangażowany byłem w pomiary izotopów astatu, francu i aktynu metodami spektroskopii cząstek alfa, które doprowadziły do identyfikacji rozpadającego się alfa stanu izomerycznego w ^{216}Fr [15]. Szczegóły prac przy separatorze WIGISOL, w których brałem udział, opisane są w raportach rocznych ŚLCJ podanych na liście publikacji (załącznik nr 4). Na potrzeby współpracy IONCATCHER, w Interdyscyplinarnym Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego (ICM) UW, prowadziłem komputerowe symulacje przepływu gazu przez źródło jonów separatora WIGISOL. Wyniki tych symulacji prezentowałem na spotkaniach współpracy IONCATCHER [C8] i [C11] oraz na sesji sprawozdawczej ICM UW [C10]. Przeprowadziłem numeryczne symulacje naddźwiękowego przepływu gazu przez dyszę typu Laval, która może być użyta w źródle jonów separatora WIGISOL. Wyniki zaprezentowałem w formie seminarium [C9] w Max-Planck-Institut für Quantenoptik w Garching (Niemcy).

W ramach współpracy polsko-flamandzkiej [B5] (lata 1997 – 2000) brałem udział w eksperymentach przy separatorze masowym ISOLDE w CERN (Szwajcaria). Ważnym osiągnięciem eksperymentalnym było zastosowanie nowatorskiej metody impulsowego uwalniania produktów reakcji w celu badania neutrono-nadmiarowych izotopów w okolicy ^{208}Pb , którą to metodę przedstawia publikacja [32]. Zastosowanie tej metody umożliwiło zbadanie rozpadu beta neutrono-nadmiarowego nuklidu ^{216}Bi oraz określenie okresu jego półrozpadu [30]. Zbadano w ten sposób również rozpad alfa neutrono-deficytowego jądra ^{200}Fr i cięższych nieparzystych izotopów $^{201,203,205}\text{Fr}$ oraz $^{196,197,199}\text{At}$ [21]. Połączenie metody impulsowego uwalniania produktów reakcji z ich rezonansową jonizacją laserową umożliwiło pierwszą obserwację rozpadu bardzo egzotycznego jądra ^{218}Bi [22]. Tej samej kombinacji metod separacji użyto do badania rozpadu beta neutrono-nadmiarowych nuklidów talu, ołowiu i bizmutu [24]. Powyższe metody umożliwiły także zbadanie rozpadu alfa stanów izomerycznych w neutrono-deficytowym jądrze ^{185}Pb , przy czym względną produkcję badanych stanów izomerycznych zmieniano poprzez skanowanie nadsubtelnej struktury atomowej za pomocą lasera o wąskim paśmie częstotliwości [29].

W Cyclotron Research Centre w Louvain-la-Neuve (Belgia) jako pracownik Uniwersytetu w Leuven wielokrotnie brałem udział w eksperymentach badających egzotyczne nuklidy za pomocą separatora masowego LISOL z wykorzystaniem metody rezonansowej jonizacji laserowej. Metody tej użyto do separacji parzystych, neutrono-nadmiarowych izotopów kobaltu $^{66,68,70}\text{Co}$, których rozpad beta umożliwił odkrycie wielu nowych stanów wzbudzonych w izotopach $^{66,68,70}\text{Ni}$. Zaobserwowano po raz pierwszy rozpad stanów o niskim spinie (3+) w ^{68}Co i ^{70}Co oraz zmierzono okresy połowicznego zaniku badanych rozpadów beta. Wyniki i ich interpretację przedstawiono w pracy [31].

Osiągnięcia przed uzyskaniem stopnia doktora

Przed uzyskaniem stopnia doktora zajmowałem się doświadczalnym badaniem jąder promieniotwórczych o dużym nadmiarze neutronów znajdujących się na granicy

wówczas znanych obszarów karty nuklidów. Badałem własności jąder o liczbach masowych $A \approx 110$ i $A = 150$, które wytwarzane były w reakcji rozszczepienia ^{238}U indukowanej protonami o energii 25 MeV i wydzielane za pomocą separatora masowego IGISOL. Badałem też jądra o masach $213 < A < 217$ produkowane w reakcji spalacji ^{232}Th indukowanej protonami o energii 1 GeV. W ostatnim obszarze do separacji wykorzystano układ ISOLDE w połączeniu z metodą impulsowego uwalniania produktów reakcji [32]. Pomiary przeprowadzałem metodami spektroskopii jądrowej dokonując rejestracji widm prostych i koincydencyjnych za pomocą spektrometrów promieniowania gamma, X oraz cząstek beta i alfa. Wykonałem przeważającą część analizy danych z eksperymentów, w których uczestniczyłem, uzyskując opisane dalej wyniki. W łańcuchu izobarycznym $A = 113$ zbudowano schemat rozpadu ^{113}Tc , odkryto nieznany stan izomeryczny w ^{113}Ru [33], znacznie rozszerzono schemat rozpadu beta ^{113}Ru oraz znaleziono rozkłady nasilenia przejść typu Gamowa-Tellera dla rozpadu stanu podstawowego i izomeru [28]. Rozszerzono schemat rozpadu beta jądra ^{150}Ce . W obszarze jąder ciężkich odkryto nowy izotop ^{217}Bi i oszacowano jego okres połowicznego rozpadu. Po raz pierwszy oszacowano okres połowicznego zaniku ^{217}Po w rozpadzie alfa. Zbadano rozpad beta ^{216}Bi rozszerzając jego schemat i uzyskując nową wartość półokresu zaniku. Otrzymano dane wskazujące na odkrycie nowego izotopu ^{215}Pb lub nieznanego stanu izomerycznego w ^{215}Pb lub w ^{215}Bi (później stwierdzono, że to izomer w ^{215}Bi). Rozbudowano schemat rozpadu ^{215}Bi uzupełniając go o nieznaną wcześniej kaskadę wysokospinową. Znacznie rozbudowano schemat rozpadu beta ^{213}Pb i wyliczono dla niego rozkład nasilenia przejść Gamowa-Tellera. Dokonano również wstępnej interpretacji fizycznej uzyskanych rezultatów poprzez porównania z dostępnymi eksperymentalnymi systematykami oraz w ramach prostych modeli jądrowych. Powyższe osiągnięcia przedstawiłem w mojej rozprawie doktorskiej, wcześniej częściowe informacje ukazywały się w materiałach konferencyjnych i w raportach rocznych Wydziału Fizyki Uniwersytetu w Jyväskylä (podane na liście publikacji w załączniku nr 4). Badania były częściowo wspierane dzięki mojemu udziałowi w projektach badawczych [B6] i [B7].

Dzięki stypendium z Center for International Mobility, od lutego do grudnia 1995 kontynuowałem studia doktoranckie na Uniwersytecie w Jyväskylä. Uczestniczyłem w rozruchu i testowaniu separatora masowego IGISOL oraz w pierwszych eksperymentach mających na celu poszukiwanie nowych izotopów. Wyniki uzyskane dla rozpadu beta ^{108}Nb opublikowano w [34] a dla rozpadu ^{103}Y w [35]. Rezultaty badań struktury jądra ^{106}Ru zostały później przedstawione w [14].

W roku 1994 po rozpoczęciu studiów doktoranckich brałem udział w badaniach zjawiska radiacyjnego wychwytu elektronu w ^{137}La we współpracy z Uniwersytetem w Aarhus (Dania). Pomiary prowadzone były w laboratorium Zakładu Spektroskopii Jądrowej na Uniwersytecie Warszawskim a ich wyniki ukazały się w pracy [36].

Udział w projektach badawczych

- [B1] „Badanie egzotycznych, neutrono-nadmiarowych produktów rozszczepienia w obszarze masowym $80 < A < 120$ z użyciem separacji izotopów on-line i pułapek jonowych oraz wielodetektorowych spektrometrów antykomptonowskich.”, proj. bad. własny nr N N202 007334 przyznany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, 16 V 2008 – 15 II 2012, **kierownik**
- [B2] "Badanie naddźwiękowych dżetów gazowych w źródle jonów typu IGISOL", grant obliczeniowy nr G33-2 przyznany przez Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego, w toku od II 2008, **kierownik**

- [B3] HPRI-CT-2001-50022 współpraca europejska "European network on developing techniques for effective slowing down, stopping in a gas cell, and extraction of radioactive ions" 1 XII 2001 - 31 V 2005, wykonawca
- [B4] "Badanie nowych, egzotycznych jąder w łańcuchach rozpadu $A=215, 217$ ", grant nr 2 P03B 034 22, przyznany przez Komitet Badań Naukowych, 1 II 2002 - 31 XII 2002, **kierownik**

Projekt rozpoczęty przed a zakończony po uzyskaniu stopnia doktora

- [B5] Polish-Flemish Bilateral Scientific and Technological Collaboration "Studies of nuclei far off beta-stability", XII 1997 - XII 2000, współpraca między Uniwersytetem w Leuven (Belgia) i Uniwersytetem Warszawskim, wykonawca

Przed uzyskaniem stopnia doktora

- [B6] "Badanie jąder bardzo dalekich od stabilności przy zastosowaniu wiązek radioaktywnych", grant nr 2 P302 148 06 przyznany przez Komitet Badań Naukowych, 1 I 1994 – 31 XII 96, wykonawca
- [B7] "Struktura jąder atomowych z obszarów deformacji oktopolowej", grant nr 2 P03B 001 11 przyznany przez Komitet Badań Naukowych, 1 VI 1996 – 31 XII 1998, wykonawca

Wystąpienia w krajowych i zagranicznych ośrodkach naukowych

- [C1] JYFL (Wydział Fizyki Uniwersytetu w Jyväskylä) Users Meeting 2012, Finlandia, referat „Beta decay spectroscopy of exotic nuclei with IGISOL and JYFLTRAP”, 8 III 2012
- [C2] Sesja Sprawozdawcza Użytkowników Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego, Będlewo, Polska, plakat „Naddźwiękowy przepływ gazu w źródłach jonów – symulacje i eksperyment” 23 - 26 III 2011
- [C3] Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, Polska, seminarium „Pułapki jonowe w spektroskopii gamma i monitorowaniu środowiska” 26 III 2010
- [C4] XXXI MAZURIAN LAKES CONFERENCE ON PHYSICS 2009, Piaski, Polska, referat „Trap-assisted beta decay spectroscopy of refractory elements at the IGISOL” 3 IX 2009
- [C5] Wydział Fizyki Uniwersytetu w Jyväskylä, Finlandia, seminarium „Spectroscopy of exotic, neutron-rich nuclei with IGISOL and JYFLTRAP” 14 II 2008
- [C6] JYFL Users Meeting 2008, Finlandia, referat „Trap-assisted beta decay spectroscopy at IGISOL: ^{115}Ru and ^{111}Mo ” 23 V 2008
- [C7] JYFL Users Meeting 2007, Jyväskylä, Finlandia, referat „Trap-assisted spectroscopy of ^{113}Tc and ^{115}Ru at IGISOL” 23 II 2007
- [C8] The 4rd HITRAP IONCATCHER NIPNET Joint Collaboration Meeting, Monachium, Niemcy, plakat „Fluid flow simulations for the WIGISOL gas cell” 24-28 V 2005
- [C9] Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Niemcy, seminarium „Fluid flow simulations for the gas cells at high pressure difference” 24 V 2005
- [C10] Sesja Sprawozdawcza Użytkowników Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego, Goniadz, Polska, plakat „Symulacja przepływu helu przez komorę na wiązce ciężkich jonów” II 2005
- [C11] The 3rd Joint Collaboration Meeting HITRAP-IONCATCHER-NIPNET, Kraków, Polska, referat „Example of fluid flow simulations for the WIGISOL gas cell”, 5 VI 2004
- [C12] University of Munich, Garching, Niemcy, referat „Ion trajectory simulation requirements for the HIGISOL development” 28 IX 2002

Przed uzyskaniem stopnia doktora

- [C13] Uniwersytet w Leuven, Leuven, Belgia, seminarium „The β decay in $A = 113$ isobaric chain”, 1999

Projekty eksperymentów zaakceptowanych przez zespoły ekspertów w międzynarodowych ośrodkach badawczych

- [D1] “Trap assisted decay spectroscopy of the very neutron-rich molybdenum nuclei around mass $A=110$ ”, projekt nr I179, Uniwersytet w Jyväskylä, Finlandia, termin przeprowadzenia do ustalenia, **kierownik**
- [D2] „Gamma spectroscopy of neutron-rich fission fragments in the $A\sim 110$ region” projekt nr 3-07-270, Institut Laue-Langevin, Grenoble, Francja, termin przeprowadzenia do ustalenia, **kierownik**
- [D3] “Trap-assisted beta-decay spectroscopy of the very neutron-rich elements around mass $A=110$ and $A=140$ ”, projekt nr I148, Uniwersytet w Jyväskylä, Finlandia, termin przeprowadzenia do ustalenia, **kierownik**
- [D4] „Measurement of electron-gamma coincidences and conversion coefficients for gamma rays following beta-decay of $^{109,107}\text{Mo}$ at the Lohengrin.” projekt nr 3-01-569, Institut Laue-Langevin, Grenoble, Francja, ustalony na marzec 2013, **kierownik**
- [D5] “Trap-assisted beta-decay spectroscopy of the very neutron-rich refractory elements around $A=110$ ”, projekt nr I137, Uniwersytet w Jyväskylä, Finlandia, eksperyment przeprowadzony w dwóch częściach: we wrześniu 2008 oraz styczniu i lutym 2010, **kierownik**
- [D6] „Beta decay spectroscopy of an exotic, neutron-rich isotope ^{85}As at LOHENGRIN.” projekt nr 3-01-543, Institut Laue-Langevin, Grenoble, Francja, eksperyment wykonany w czerwcu 2009, **kierownik**
- [D7] „Measurement of neutron yield from carbon, light-water and heavy-water converter targets bombarded by 40 MeV deuterons”, projekt nr A52, Uniwersytet w Jyväskylä, Finlandia, eksperyment przeprowadzony w dwóch częściach w marcu i czerwcu 2008, wykonawca
- [D8] „Trap-assisted beta-decay spectroscopy of the very neutron-rich refractory elements around $A=110$ ”, projekt nr I125, Uniwersytet w Jyväskylä, Finlandia, eksperyment przeprowadzony w lutym 2008, **kierownik**
- [D9] „Beta-decay spectroscopy of the very neutron-rich refractory elements around $A=110$ ”, projekt nr I104, Uniwersytet w Jyväskylä, Finlandia, eksperyment przeprowadzony w czerwcu 2006, **kierownik**
- [D10] „Penetration of heavy ions through matter in the energy range (40...100) MeV/u”, Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Niemcy, eksperyment przeprowadzony w grudniu 2003 i lutym 2004, wykonawca

Publikacje naukowe na podstawie bazy Web of Science²

(stan na dzień 7 lutego 2013)

indeks h: 10

liczba publikacji: 37

liczba cytowań: wszystkich 262, bez autocytowań 216

35 z ogólnej liczby publikacji przedstawionych w załączniku nr 4 znajduje się na liście Journal Citation Reports (JCR) według części A wykazu czasopism naukowych zamieszczonych w załączniku do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 21 grudnia 2012 r.

Nagrody

Rektora Uniwersytetu Warszawskiego za „osiągnięcia naukowe w badaniach nad zmianami struktury jąder atomowych w miarę oddalania się od ścieżki stabilności” w roku 2012.

Dyrekcji Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW za „wyróżniającą się i potwierdzoną licznymi publikacjami aktywność w zakresie prowadzenia badań naukowych” w roku 2010.


Jan Kurpeta

² W bazie danych Web of Science w rekordzie dla Nucl. Phys. A 746, 663c (2004) błędnie wpisano moje nazwisko a rocznik 2012 czasopisma Hyperfine Interactions w bazie nie występuje. Dlatego publikacje [A2] i [23] nie są objęte przez raport bazy Web of Science.