

Warszawa 30.10.2016

HISTORIA ZAKŁADU SPEKTROSKOPII JĄDROWEJ IFD UW (1973-2013)

ZSJ został powołany przez Rektora Uniwersytetu Warszawskiego na początku 1973 roku. Powstał na Wydziale Fizyki jako człon Instytutu Fizyki Doświadczalnej. Jego kierownikami byli: Jan Żylicz (1973-94), Andrzej Płochocki (1994-2009) i Zenon Janas (2009-13). Obok powstałego znacznie wcześniej Zakładu Fizyki Jądra Atomowego (ZFJA), nowy zakład działał do końca 2013 roku. Od 1 stycznia 2014 oba zespoły są połączone – tworzą Zakład Fizyki Jądrowej kierowany przez Marka Pfütznera.

Pracownicy i doktoranci

Początkowo ZSJ miał 2 pracowników, którzy przeszli do UW z Instytutu Badań Jądrowych w Świerku. W kolejnych latach dochodzili nowi, głównie spośród studentów i doktorantów szkolonych w zakładzie. W ciągu 41 lat wypromowanych zostało 20 doktorów, z których ponad połowa pracowała w ZSJ przynajmniej przez pewien czas po doktoracie. W tym okresie 8 pracowników doszło do habilitacji. Dalsze 2 przewody doktorskie i 2 habilitacyjne zostały pomyślnie zakończone po roku 2013.

W 1994 roku ZSJ miał 15 pracowników (naukowych 12, technicznych 2 i sekretarkę) oraz 4 doktorantów. Wzrost zespołu został przyhamowany m.in. przez przejście kilku osób do Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów UW, Instytutu Problemów Jądrowych oraz ośrodków w USA i RFN. Po 1994 roku z innych zespołów do ZSJ przeszły 2 osoby: Waldemar Urban z ŚLCJ (1997) i Chiara Mazzocchi z Uniwersytetu w Mediolanie (2010).

Chiara z warszawskimi fizykami współpracowała już wcześniej w laboratoriach zagranicznych. Przechodząc do ZSJ wniosła cenne doświadczenie z zakresu astrofizyki jądrowej (uczestniczyła przedtem w realizacji programu LUNA w podziemnym laboratorium Gran Sasso).

Przed 1995 rokiem tylko jedna osoba miała tytuł profesora. W latach 1995-2013 tytuł ten otrzymało 6 pracowników ZSJ: Wiktor Kurcewicz (1995), Krzysztof Rykaczewski (2001), Andrzej Płochocki (2003), Waldemar Urban (2008), Marek Pfützner (2009) i Zenon Janas (2012). Marek Pfützner został członkiem korespondentem Polskiej Akademii Nauk (2010). Ponadto, po przejściu do innych zespołów, tytuł profesora otrzymali Jan Kownacki (ŚLCJ, 2003) i Eryk Piasecki (IPJ, 2009).

Tematyka badań

Większość badań prowadzonych przez ZSJ poświęcona była samoradnym, promieniotwórczym przemianom jądrowym.

Podstawowy, wieloletni wysiłek skoncentrowany był na wytwarzaniu i badaniu nuklidów egzotycznych – o znacznym niedoborze lub znacznym nadmiarze neutronów w stosunku do izotopów trwałych. Te badania rozpadu i struktury jąder egzotycznych są wciąż jednym z głównych nurtów współczesnej fizyki jądrowej. Przynoszą weryfikację modeli jądra w szerokim

zakresie liczby neutronów dla danej liczby atomowej Z , ustalanie granicy „świata nuklidów” od strony deficytu neutronów, identyfikację nowych rodzajów promieniotwórczości i uzyskanie danych istotnych dla lepszego poznania procesów nukleosyntezy w gwiazdach.

Inne badania promieniotwórczości dotyczyły rozpadu α i β aktywności, efektów wyższego rzędu w przemianie β na drodze wychwytu elektronu, a także skażeń terytorium Polski po katastrofie w Czarnobylu.

Od lat 1980. badania rozpadu aktywności i nuklidów egzotycznych były uzupełniane spektroskopią „na wiązkę”, tj. rejestracją promieniowania γ emitowanego bezpośrednio po reakcji prowadzącej do wytworzenia danego nuklidu.

Dla szkolenia studentów i doktorantów, i z uwagi na indywidualne zainteresowania fizyków ZSJ, część prac wykraczała poza tematykę tu naszkicowaną. Przy zastosowaniu wiązek protonów lub ciężkich jonów prowadzone były badania jonizacji atomów przez szybkie cząstki naładowane i badania mechanizmu reakcji jądrowych wywoływanych przez te cząstki. Spektroskopią „na wiązkę” objęte zostały izotopy z innych części tablicy nuklidów. Były też prace poświęcone jądrom superciężkim, samorzutnemu rozszczepieniu jąder, reakcjom (n,γ) i inne. Parę osób uczestniczyło w badaniach oddziaływania antyprotonów z jądrami.

Współpraca z Zakładem Fizyki Jądra Atomowego

Tematyka badań prowadzonych przez ZFJA i ZSJ różniła się znacznie. Pierwsze wspólne prace, dotyczące oddziaływania protonów z jądrami ^{232}Th , zostały podjęte dopiero w połowie lat 1980. i stanowiły krok do doktoratu Jerzego Szerypy (1987). Wspólnym polem aktywności obu zakładów były także badania skutków katastrofy w Czarnobylu, które Eryk Piasecki zainicjował i koordynował w szerokim zakresie.

W następnym dziesięcioleciu rozwinęła się współpraca Wiktora Kurcewicza (ZSJ) z Andrzejem Wojtasiewiczem (ZFJA) przy budowie stanowiska separatora izotopów na wiązkę warszawskiego cyklotronu (projekt wsparty grantem europejskim). Separator przeniesiono do ŚLCJ z IPJ w Świerku.

Od 1997 roku, dzięki Waldemarowi Urbanowi, współpraca z ZFJA objęła badania z zakresu spektroskopii „na wiązkę”.

Eksperymenty w Polsce

Efekty wyższego rzędu w przemianie β badane były głównie na miejscu, przy wykorzystaniu aparatury i detektorów ZSJ. Źródła otrzymano za pośrednictwem uniwersytetu w Aarhus i z CERN.

Dla eksperymentów jonizacyjnych istotna była współpraca z zespołem Mariana Jaskuły w IPJ – wykorzystanie wiązki protonów z akceleratora van de Graaffa „Lech” na Hożej.

Separator izotopów na wiązkę cyklotronu ŚLCJ został zainstalowany z myślą o badaniu nuklidów egzotycznych, ale badania te w Warszawie nie zostały podjęte. Wskutek trudności

ekonomicznych, które nasiliły się w Polsce od połowy lat 1970., cyklotron został uruchomiony z wieloletnim opóźnieniem. Dla wytwarzania nuklidów egzotycznych konkurencyjność ŚLCJ w stosunku do czołowych laboratoriów zagranicznych zmalała. Separator był jednak stosowany do badania izomerii jąder aktywnych. Istotnym osiągnięciem było opracowanie źródła jonów typu IGISOL (*Ion Guided Isotope Separation on Line*) do pracy z ciężkimi jonami; pierwotna wersja tego źródła została opracowana przez fizyków z Jyväskylä dla wiązki protonów.

Niezależnie od programu separatorowego, cyklotron był wykorzystywany przez ZSJ do badania mechanizmu reakcji jądrowych wywołanych przez ciężkie jony.

Eksperymenty za granicą

Dla badania nuklidów z niedoborem neutronów konieczna była współpraca z laboratoriami wyposażonymi w akceleratory ciężkich jonów, lub protonów wielkiej energii, i odpowiednie separatory produktów reakcji. Początkowo realne były eksperymenty w ZIBJ, w Dubnej. Potem, stopniowo, rozwinęła się współpraca z innymi laboratoriami przodującymi w skali światowej: GSI w Darmstadtzie, GANIL w Caen, CERN w Genewie, ORNL w Oak Ridge, NSCL w East Lansing. Współpraca obejmowała również ośrodki uniwersyteckie w Grenoble, Leuven i Uppsali.

Eksperymenty poświęcone nuklidom neutrono-nadmiarowym prowadzone były głównie w laboratoriach akceleratorowych CERN, GSI, ORNL, ZIBJ i Jyväskylä (uniwersytet), oraz w ośrodkach reaktorowych w Studsviku i Grenoble (ILL). Warunki w Jyväskylä były wyjątkowe w skali światowej ze względu na połączenie separatora izotopów „na wiązce” z pułapką Penninga, dzięki czemu badane były nuklidy oddzielone od ich izobarów. Istotnym uzupełnieniem wyników tych eksperymentów było ich zestawianie z danymi uzyskanymi przez Waldemara Urbana w Strasburgu z badań rozpadu produktów samorzutnego rozszczepienia ^{248}Cm i ^{252}Cf .

Współpraca z ORNL była ułatwiona przez to, że w tym laboratorium pracami z zakresu spektroskopii jądrowej kierował Krzysztof Rykaczewski, a wspierał go Robert Grzywacz – profesor Uniwersytetu w Knoxville. Obaj przedtem byli pracownikami ZSJ.

Badania aktywnych, zapoczątkowane w Polsce, były dalej intensywnie prowadzone w Mainz, Genewie i Orsay, a sporadycznie również w paru innych laboratoriach.

Dla badań „na wiązce” prowadzonych przez Waldemara Urbana wykorzystywane były akceleratory w KFA/FZ Jülich i w LNL Legnaro.

Eksperymenty jonizacyjne, zainicjowane przez przedstawicieli ZSJ w Jyväskylä, a potem podjęte w Warszawie, były kontynuowane we współpracy z laboratoriami uniwersyteckimi w Aarhus i Erlangen.

Pewne prace z pogranicza reakcji jądrowych niskich energii i spektroskopii jądrowej prowadzone były w GSI, Jyväskylä i Aarhus. W GSI fizycy ZSJ uczestniczyli również w identyfikacji egzotycznych nuklidów powstających w reakcjach wywołanych przez ciężkie jony wysokich energii. Natomiast prace poświęcone mechanizmowi reakcji z ciężkimi jonami, zainicjowane przez Eryka Piaseckiego, prowadzone były w Caen, Jyväskylä i Katanii (INFN). Badania

oddziaływania antyprotonów z jądrami, zainicjowane przez Jerzego Jastrzębskiego (ŚLCJ), prowadzono w CERN.

Aparatura dla eksperymentów za granicą

W ośrodkach zagranicznych fizycy ZSJ na ogół stosowali aparaturę pomiarową gospodarzy. Zdarzało się jednak, że nasz techniczny wkład do eksperymentu był bardzo istotny, a niekiedy – decydujący.

Na przykład Marek Karny, w czasie półrocznego pobytu w LBL (Berkeley), zapoznał się z tamtejszym układem TAS (*Total Absorption Spectrometer*), dopilnował jego rozmontowania i przesłania do GSI, a tam pokierował jego ponownym złożeniem i przystosowaniem do współpracy z separatorem izotopów. Ten spektrometr okazał się niezwykle użyteczny dla badań rozpadu nuklidów o znacznym deficycie neutronów. Zdobyte doświadczenie Karny wykorzystał później do zaprojektowania i budowy w ORNL udoskonalonej wersji układu TAS – zastosowanego do badania nuklidów z nadmiarem neutronów.

Były też przypadki budowy aparatury w Polsce i wykorzystania jej w eksperymentach za granicą. Przykładem szczególnie godnym uwagi jest układ pomiarowy dla badania rozpadu dwuprotonowego, o czym mowa jest dalej.

Przykłady osiągnięć

Identyfikacja nowych nuklidów

Eksperymenty, w których uczestniczyli pracownicy ZSJ, przyniosły odkrycie niemal 300 nowych izotopów wielu pierwiastków, co stanowi około 9% znanych nuklidów. Dla dotarcia do tych nowych nuklidów stosowane były na ogół wiązki ciężkich jonów. Jony o energii kilku lub rzędu 0,1 GeV/nukleon były wykorzystywane głównie do wytwarzania izotopów neutrono-deficytowych. Natomiast w reakcjach wykorzystujących jony o energii rzędu 1 GeV/nukleon powstawały egzotyczne izotopy zarówno z deficytem jak i nadmiarem neutronów. Wyniki stosowania wysokoenergetycznych jonów przedstawione zostały m.in. w pracy habilitacyjnej Marka Pfütznera (2003) i w pracy doktorskiej Jana Kurcewicza (2007). Niektóre nowe izotopy neutrono-nadmiarowe były wytwarzane na drodze rozszczepienia uranu napromieniowanego protonami.

Nuklidy neutrono-deficytowe

Wśród nowoodkrytych nuklidów dominowały neutrono-deficytowe. Pierwsze prace, wykonane w Dubnej przy udziale Andrzeja Płochockiego i Marka Nowickiego, przyniosły identyfikację 26 izotopów ziem rzadkich i baru. Z późniejszych wyników na szczególną uwagę zasługuje zaobserwowanie w GANIL podwójnie magicznej ^{100}Sn ($Z=N=50$). Co prawda, parę tygodni wcześniej ten izotop zidentyfikowano w GSI, bez udziału ZSJ, ale obie prace zostały zaliczone przez Amerykańskie Towarzystwo Fizyczne do „eksperymentów 1994 roku” (APS News, vol. 4, No. 4, April 1995). Zauważmy, że eksperymentem w GANIL kierował reprezentant tego laboratorium Marek Lewitowicz, który ukończył studia w Warszawie jako magistrant ZSJ (1982).

Celem badania nuklidów egzotycznych są próby ustalenia ich schematów rozpadu i interpretacji danych w świetle modeli jądrowych. Tu dorobek ZSJ jest bardzo poważny. Wyniki badania rozpadu nuklidów z niedoborem neutronów zostały podsumowane m.in. w doktoratach Roberta Grzywacza (1997), Marka Karnego (1998) i Michała Gierlika (2003) oraz w pracach habilitacyjnych Andrzeja Płochockiego (1984), Krzysztofa Rykaczewskiego (1996), Zenona Janasa (2006) i Marka Karnego (2010).

Wśród prac, w których fizycy ZSJ odegrali szczególnie istotną rolę, na uwagę zasługuje m.in. cykl badań przejść Gamowa-Tellera w rozpadach β parzystych nuklidów z pobliza ^{100}Sn . Przykładem może być praca Andrzeja Płochockiego i in. (1992) poświęcona rozpadowi ^{98}Cd (eksperyment w CERN). Całość wyników tego cyklu została podsumowana w rozprawie habilitacyjnej Krzysztofa Rykaczewskiego.

Inny przykład: zasadnicze znaczenie dla późniejszych badań nasilenia rozpadu β miało zastosowanie w GSI układu TAS. Wyniki uzyskane dla jąder z pobliza ^{100}Sn leżały u podstaw doktoratów Marka Karnego i Michała Gierlika. W pracy habilitacyjnej Zenona Janasa, dzięki połączeniu pomiarów przy użyciu TAS'a z pomiarami widma protonów opóźnionych, wyjątkowo pełne dane o rozkładzie nasilenia udało się uzyskać dla ^{117}Ba . Układ TAS był ponadto wykorzystany w pracach trójki doktorantów z Hiszpanii i jednego z Chin.

Wyniki zastosowania – z inicjatywy Jana Kownackiego – spektroskopii „na wiązce” do nuklidów z pobliza ^{100}Sn , stanowiły istotne uzupełnienie badań rozpadu promieniotwórczego. Zostały przedstawione m.in. w pracy doktorskiej Dariusza Seweryniaka (1994).

Odkrycie nowych rodzajów promieniotwórczości

Szczególne znaczenie miało odkrycie rozpadu $2p$, tj. samorzutnej emisji dwóch protonów ze stanu podstawowego skrajnie egzotycznego ^{45}Fe (Marek Pfützner – nagroda Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej 2002, habilitacja 2003). Eksperyment miał miejsce w GSI.

Odkrycie zostało potwierdzone w eksperymencie przeprowadzonym przez zespół warszawski w East Lansing. Zastosowana została oryginalna komora jonizacyjna z optyczną rejestracją sygnałów (OTPC), która powstała w Warszawie wg projektu Wojciecha Dominika z Zakładu Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych IFD. Otrzymane zdjęcia pokazywały tory jonów ^{45}Fe i pary torów protonów z rozpadu tego nuklidu. Mierzone były energie i kierunki emisji protonów. Jedno ze zdjęć zostało reprodukowane i obszernie omówione w licznych artykułach, które ukazały się m.in. w Nature Physics, Physics Today, CERN Courier, Physics World czy Bild der Wissenschaft. Wyniki stanowiły podstawę doktoratu Krzysztofa Miernika (2009, promotor Zenon Janas) wyróżnionego nagrodą Premiera.

Na uwagę zasługuje również odkrycie przez fizyków ZSJ – przy zastosowaniu komory OTPC – jednoczesnej emisji trzech protonów ze stanów wzbudzonych po rozpadzie beta. To zjawisko zaobserwowano najpierw dla ^{45}Fe (Krzysztof Miernik i in. 2007), a później dla ^{43}Cr i ^{31}Ar . Wyniki zostały przedstawione m.in. w pracy doktorskiej Marcina Pomorskiego, również wyróżnionej nagrodą Premiera (2015, promotor Marek Pfützner).

Nuklidy z nadmiarem neutronów

Wyniki wielu badań poświęconych nuklidom neutrono-nadmiarowym zostały przedstawione m. in. w doktoratach Krzysztofa Rykaczewskiego (1983), Zenona Janasa (1993), Agnieszki Korgul (2002), Marii Sawickiej (2004) i Agnieszki Syntfeld-Każuch (2008), a także w pracy habilitacyjnej Jana Kurpety (2013). Ponadto, wyniki uzyskane w latach pracy w ZSJ stanowią istotną część doktoratu Aleksandry Fijałkowskiej (2016) oraz habilitacji Chiary Mazzocchi (2016) i Krzysztofa Miernika (2016). Przedmiotem omawianych badań były izotopy pierwiastków cięższych od żelaza, m. in. z obszaru podwójnie magicznych nuklidów ^{78}Ni i ^{132}Sn . Chodziło tu o uzyskanie danych o energiach i półokresach rozpadu, oraz o schematach rozpadu uwzględniających zjawisko emisji neutronów opóźnionych. Te dane są istotne m.in. dla uściślenia opisu astrofizycznego procesu r, tj. szybkiego wychwytu neutronów, który prowadzi do tworzenia pierwiastków ciężkich. Co prawda tylko nieliczne z badanych nuklidów, jak ^{130}Cd czy ^{135}Sn , uczestniczą wprost w tym zjawisku, ale badanie izotopów nieco lżejszych jest ważne ze względu na testowanie modeli struktury jądra i wybór najlepszych dla ekstrapolacji do nuklidów ze ścieżki procesu r.

Z punktu widzenia poznawania struktury nuklidów z nadmiarem neutronów interesujące było m.in. zidentyfikowanie obszaru jąder zdeformowanych o $40 \leq Z \leq 46$ i $N \geq 68$, a w szczególności wykazanie współistnienia stanów jądra ^{111}Tc ($Z=43$, $N=68$) o deformacji typu *prolate* i *oblate*. Omówienie tych badań znajdujemy m.in. w pracy habilitacyjnej Jana Kurpety (2013).

Dane o emisji neutronów opóźnionych są istotne dla energetyki jądrowej. Opracowany przez Krzysztofa Miernika empiryczny model emisji neutronów opóźnionych, który stosunkowo dobrze odtwarza wyniki pomiarów, znalazł się wśród prac rekomendowanych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej.

Pod koniec działalności ZSJ, przy zastosowaniu warszawskiego układu OTPC, nowe informacje zostały uzyskane o rozpadzie egzotycznych izotopów ^6He i ^8He przy wykorzystaniu akceleratorów odpowiednio w CERN (układ REX ISOLDE) i w ZIBJ.

Inne prace

Badania aktynowców były kontynuacją działań podjętych w IBJ. Wniósł wkład do poszukiwań oktapolowej deformacji jąder. Wyniki zostały przedstawione m.in. w pracy habilitacyjnej Wiktora Kurcewicz (1981, nagroda Ministra) i doktoracie Ewy Ruchowskiej (1984). O ich znaczeniu niech świadczy stwierdzenie, że postęp w zrozumieniu anomalnych własności jąder lekkich aktynowców stał się możliwy „*only after a series of detailed and precise experiments by Kurcewicz and collaborators ...*” (P.C. Sood, ADNDT 51 (1992) 273).

Zagadnieniu deformacji oktapolowej jąder z obszaru wokół ^{144}Ba , w tym lekkich lantanowców, poświęcone były liczne prace Waldemara Urbana (z których część pochodzi z okresu przed jego przejściem do ZSJ) oraz jego rozprawa habilitacyjna (2002). Te prace potwierdziły przewidywaną przez teoretyków podatność badanych jąder na deformację oktapolową. Inne jego eksperymenty z zakresu spektroskopii „na wiązce” przyniosły bogate wyniki, np. informacje o superdeformacji i tzw. rotacji magnetycznej jąder z obszaru ^{146}Gd .

W czasie paroletniej pracy w ILL Waldemar Urban zajmował się różnymi zastosowaniami neutronów. Na wyróżnienie zasługują pomiary przekrojów czynnych na fotoprodukcję par elektron-pozyton dla energii nieznacznie powyżej progu. Wyniki – wykorzystane do obliczenia współczynników załamania fotonów o energii ok. 1 MeV, sugerujące możliwość skonstruowania soczewek ogniskujących te fotony – wzbudziły duże zainteresowanie.

Badania jonizacji powłoki K ciężkich atomów przez szybkie cząstki naładowane przyniosły opracowanie oryginalnej metody pomiaru jonizacyjnych przekrojów czynnych przez porównanie ich z dokładnie znanymi przekrojami czynnymi na kulombowskie wzbudzenie jąder tychże atomów (Anna Celler, doktorat 1980, nagroda Ministra). Dalsze prace zostały przedstawione w doktoracie Zbigniewa Żelaznego (1985). Wyniki dla protonów, otrzymane przez *Warsaw group*, zostały uwzględnione przy opracowaniu tablic wzorcowych empirycznych przekrojów czynnych na jonizację powłoki K (H. Paul and J. Sacher, *ADNDT* **42** (1989) 105).

Badaniom z pogranicza fizyki reakcji jądrowych z użyciem ciężkich jonów i spektroskopii jądrowej (produkcji izotopów i wysokospinowych izomerów hafnu), przeprowadzonym w GSI, poświęcona była praca doktorska Izabelli Zychor (1983).

Z badań reakcji jądrowych wykonanych przez Eryka Piaseckiego w GANIL szczególnie ważne jest odkrycie rozszczepienia jąder uranu w zderzeniu z jądrami złota wskutek wyłącznie oddziaływania kulombowskiego. Znaczące są także wyniki dwóch innych cykli zainicjowanych przez niego badań. W ŚLCJ i w Jyväskylä uzyskano informacje o rozkładzie barier na fuzję w oddziaływaniu jąder Ne i Sn oraz Ne i Ni; część tych badań opisuje praca doktorska Łukasza Świdorskiego (2007). W Katanii rozwinięte zostały badania procesu rozszczepienia dynamicznego – jednego z kanałów wyjściowych reakcji między zderzającymi się ciężkimi jądrami.

Efekty wyższego rzędu w przemianie β

W ZSJ badany był radiacyjny wychwyt elektronu, tj. proces w którym obok neutrino (z prawdopodobieństwem $\leq 10^{-4}$) emitowany jest foton. Widmo fotonów ma charakter ciągły. Systematyczne pomiary widma fotonów, i ich natężenia na rozpad, dla unikalnych przejść wzbronionych 1-go rzędu wykazały drastyczną niezgodność z teorią Zona i Rapoporty (Marek Pfützner, doktorat 1989, nagroda Ministra). W Warszawie próbę poprawienia tej teorii podjął Łukasz Kalinowski (doktorat 1992). Ponad 10 lat później opis teoretyczny został radykalnie zmodyfikowany przez Krzysztofa Pachuckiego (Instytut Fizyki Teoretycznej UW) i udało się odtworzyć całość danych doświadczalnych.

Dzięki zastosowaniu teorii Pachuckiego, dla badanego w ZSJ rozpadu ^{59}Ni (wzbronienie 2-go rzędu) udało się zidentyfikować wirtualne przejście β - γ poprzez stan wzbudzony ^{59}Co , które konkuruje z wychwytem radiacyjnym. Interpretacyjna część tej pracy przypadła na czas po powstaniu ZFJ (Marek Pfützner i in. 2015). Omawiane wirtualne przejście pół wieku wcześniej przewidzieli M.E. Rose i in., ale próby jego obserwacji w innych laboratoriach nie były udane.

Eksperyment i teoria

Współzależność działalności badawczej ZSJ i prac teoretyków jest widoczna od wielu lat.

Doświadczalne badania aktywności przyczyniły się do wzrostu zainteresowania tematyką oktapolową wśród teoretyków w Polsce (pierwszy był Adam Sobiczewski, IPJ) i za granicą. Dla pełniejszego zapoznania się z wynikami badania efektów oktapolowych, w tym wkładu fizyków polskich, polecić można artykuł P.A. Butlera i W. Nazarewicza, *Rev. Mod. Phys.* 68 (1996) 349.

Bardzo ważne były kontakty ze Zdzisławem Szymańskim i teoretykami z jego kręgu, w szczególności Jackiem Dobaczewskim i Witkiem Nazarewiczem. Współpraca z Nazarewiczem (który przeniósł się z Warszawy do Oak Ridge) przy interpretacji doświadczalnych wyników badania rozpadu protonowego przyniosła informacje o strukturze jąder skrajnie egzotycznych – spoza linii oderwania protonu (praca habilitacyjna Marka Karnego).

Wyniki dotyczące rozpadu β typu Gamowa-Tellera jąder z obszaru ^{100}Sn analizowane były przez teoretyków z kilkunastu ośrodków (m.in. Aten, Berlina, Chalk River, Tübingen i Warszawy). Współpraca z L. Grigorenko (ZIBJ, Dubna) pozwoliła na проникnięcie w istotę rozpadu dwuprotonowego.

Dla poznania struktury ^{132}Sn i ^{78}Ni , i jąder sąsiednich, Waldemar Urban współpracował z teoretykami z Instytutu Saha w Indiach i z ośrodka IReS w Strasburgu.

Jak już wspomniano, opracowanie wiarygodnej teorii radiacyjnego wychwytu elektronu zawdzięczamy głównie Krzysztofowi Pachuckiemu. Natomiast wspólnie ze Sławomirem Wycechem (IPJ) i Fiodorem Karpeshinem (Uniwersytet w Petersburgu), a potem również z Pachuckim, badana była możliwość mieszania się stanów jądrowych o spinie różniącym się o 1, przy tej samej parzystości, w obecności bardzo silnego pola magnetycznego (przypadek wodoropodobnego jonu $^{229}\text{Th}^{89+}$). Nasze przewidywania czekają na doświadczalne potwierdzenie.

Udział w międzynarodowych konferencjach

Wyniki badań prowadzonych przez pracowników ZSJ były prezentowane na wielu konferencjach międzynarodowych. Wśród referatów wygłoszonych przez nich były niejednokrotnie wystąpienia na zaproszenie organizatorów. Przedstawiciele ZSJ bywali członkami międzynarodowych komitetów doradczych. Jeśli chodzi o spotkania międzynarodowe, organizowane w Polsce w bieżącym wieku, ZSJ w sposób istotny włączył się do współorganizowania cyklu Mazurskich Konferencji Fizyki. Oddzielnym, szczególnie ważnym wydarzeniem było zorganizowanie w Rynie konferencji ENAM 2008 (*chairman* Marek Pfützner). Było to kolejne spotkanie z cyklu konferencji poświęconych nuklidom egzotycznym, z których pierwsza odbyła się w 1966 roku, w Lysekil (Szwecja).

Jan Żylicz