

# STRATEGICZNE KIERUNKI ROZWOJU POLSKIEJ FIZYKI JĄDROWEJ I METOD JĄDROWYCH (2010–2020)

(opracowane przez Komisję Fizyki Jądrowej i Metod Jądrowych RA PAA)

## I. Wstęp

Polscy fizycy jądrowi w pierwszym rzędzie prowadzą badania podstawowe, których rozwój jest niezmiernie ważny ze względów poznawczych, ale często także kluczowy jeśli chodzi o późniejsze zastosowania i rozwój kadry naukowej mogącej stanowić krajowe zaplecze konsultacyjno-wdrożeniowe technik jądrowych. Dlatego też polscy fizycy jądrowi włączają się znacząco w nurt zastosowań fizyki jądrowej. Polscy naukowcy w tej dziedzinie należą do światowej czołówki badaczy, o czym świadczy duża liczba ich często cytowanych publikacji, w najlepszych międzynarodowych czasopismach. Są oni zaangażowani – **nierzadko w awangardzie** – w realizację bieżących i przyszłościowych projektów własnych oraz projektów europejskich, stwarzających olbrzymie możliwości i gwarantujących najwyższy standard prowadzonych badań naukowych w dziedzinie fizyki jądrowej.

Wspierająca eksperymentatorów polska jądrowa fizyka teoretyczna należy również do przodujących w świecie i odgrywa istotną rolę nie tylko przy interpretacji uzyskanych wyników, ale także przy wytyczaniu nowych kierunków badań. Badania podstawowych oddziaływań jądrowych w układach kilku nukleonów, układy wielu nukleonów, struktura jądra atomowego, fundamentalne symetrie oddziaływań jądrowych stanowią i będą stanowić istotne pole aktywności fizyków polskich. Ważną rolę w skali europejskiej odgrywa centrum teoretycznych badań jądrowych **ECT\*** w Trento. W działaniu tego ośrodka polscy fizycy-teoretycy odgrywają i zamierzają odgrywać bardzo istotną rolę.

Prace eksperymentalne polskich fizyków jądrowych są obecnie prowadzone w wielu laboratoriach na całym świecie, wśród których najważniejsze to: **GSI** Darmstadt, Niemcy (*Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung – SIS*), **FZJ** Jülich, Niemcy (*Forschungszentrum – COSY*), **CERN** Genewa, Szwajcaria/Francja (*Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire – SPS i LHC*), **RHIC** w USA, **GANIL** Caen, Francja (*Grand Accélérateur National d'Ions Lourds – SPIRAL1*), **INFN** Catania, Frascati oraz Legnano, Włochy (*Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*), **PSI** Villigen, Szwajcaria (*Paul Scherrer Institut*), **KVI** Groningen, Holandia (*Kernfysisch Versneller Instituut – AGOR*), **JYFL**, Jyväskylä, Finlandia, **ILL** (*Institut Laue Langevin*) oraz **ESRF** (*European Synchrotron Radiation Facility*) w Grenoble, Francja.

Całkowita liczba badaczy (od doktora wzwyż), zaangażowanych w badania podstawowe fizyki jądrowej wynosi około 260, natomiast prace wykorzystujące metody fizyki jądrowej w badaniach w zakresie wielu różnorodnych dziedzin są prowadzone przez około 500 polskich naukowców.

## II. Badania podstawowe w fizyce jądrowej

**Komisja uznaje za priorytetowe obszary strategicznego zaangażowania w badania podstawowe realizowane w pięciu infrastrukturach, 2 krajowych (ŚLCJ, NCRH-CCB) i 3 europejskich (FAIR, SPIRAL2, CERN).** Decyzja ta oparta jest o analizę obecnego i planowanego zaangażowania osobowego polskich fizyków jądrowych w realizowane przez nich projekty.

Eksperymentalne badania z fizyki jądrowej w Polsce będą się koncentrowały wokół dwóch ośrodków – w Warszawie i w Krakowie – które powinny się stać załącznikiem Narodowego Centrum Cyklotronowego.

**ŚLCJ** (*Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów w UW w Warszawie*) posiada unikalną w kraju infrastrukturę badawczą wykorzystywaną przez grupy naukowe z Polski i Europy. Jest to jedyny krajowy ośrodek fizyki jądrowej, dysponujący cyklotronem przyspieszającym ciężkie jony od boru do Xe włącznie (z nowym źródłem ECR) w zakresie energii  $2+10$  MeV/A. Laboratorium prowadzi działalność badawczą, edukacyjną, techniczną oraz informacyjną, jest ośrodkiem otwartym dla użytkowników zewnętrznych, zarówno krajowych jak i zagranicznych, a program eksperymetalny jest ustalany przez międzynarodowy Komitet Eksperymentów. Nieodzowna jest stopniowa modernizacja, intensywnie eksploatowanej od kilkunastu lat, infrastruktury akceleracyjnej. W tym celu konieczna jest zmiana sposobu finansowania Laboratorium. Rekomendowane jest przekształcenie tego ośrodka w *Narodowe Laboratorium Ciężkich Jonów (NLCJ)*, o stałym finansowaniu bezpośrednio z budżetu państwa, na poziomie zapewniającym utrzymanie istniejącej infrastruktury. Inne koszty, związane z budową nowej aparatury i nowymi projektami badawczymi powinny, jak dotychczas, być pokrywane w ramach wystąpień konkursowych (wnioski inwestycyjne, wnioski celowe, indywidualne granty badawcze użytkowników, Fundusze Europejskie itp.).

**NCRH-CCB** (*Narodowe Centrum Radioterapii Hadronowej – Centrum Cyklotronowe Bronowice w IFJ PAN w Krakowie*) stanowić będzie infrastrukturę badawczą ukierunkowaną na wykorzystanie wiązek protonowych o energiach do 250 MeV do prowadzenia prac naukowych, rozwojowych i wdrożeniowych w zakresie fizyki jądrowej, biologii, inżynierii materiałowej i medycyny. Dla pełnego wykorzystania możliwości nowego cyklotronu konieczne jest zainstalowanie stanowiska z obracającym ramieniem – typu gantry – do protonoterapii najtrudniejszych przypadków nowotworów w dowolnej lokalizacji ciała.

W tematyce badawczej, która będzie prowadzona w Centrum, grupy fizyków z IFJ PAN i IF UJ posiadają ugruntowaną w skali światowej pozycję. IFJ PAN koordynuje m.in. przygotowanie instrumentów badawczych dla SPIRAL2, a w szczególności innowacyjnego kalorymetru gamma – PARIS, który będzie wykorzystany zarówno w SPIRAL jak i w NCRH-CCB. Grupy fizyków z IF UJ posiadają unikalne doświadczenie w konstruowaniu układów detekcyjnych oraz prowadzeniu precyzyjnych eksperymentów w zakresie badań podstawowych symetrii i własności oddziaływań nukleon-nukleon.

Polscy fizycy aktywnie angażują się w przyszłościowe projekty europejskie, będące na liście **ESFRI** (FAIR i SPIRAL2), oraz w rozwijający się program fizyki jądrowej w ośrodku CERN.

Projekt **FAIR** (*Facility for Antiproton and Ion Research* w GSI Darmstadt), jest jednym z najbardziej ambitnych programów w świecie, zarówno pod względem naukowym, jak i technicznym. Jego całkowity koszt przewidywany jest na 1400 milionów euro, z czego 80% pokrywa rząd niemiecki, a resztę pozostali udziałowcy. Badania naukowe, których rozpoczęcie przewidziane jest w 2016 roku obejmą wachlarz kilku dyscyplin fizyki, stanowiących filary FAIR: fizyka struktury i astrofizyka jądrowa z użyciem relatywistycznych wiązek radioaktywnych (eksperyment NUSTAR); fizyka hadronów z wiązkami antyprotonów (PANDA); materia hadronowa o bardzo wysokiej gęstości (CBM); oraz fizyka plazmy, fizyka atomowa i zastosowania (APPA). W FAIR wykorzystane zostaną najnowocześniejsze rozwiązania techniczne, co pozwoli na jednoczesne prowadzenie szeregu eksperymentów i programów badawczych przez różne zespoły. Dzięki swojej wszechstronności, FAIR stanowić będzie kluczowy ośrodek badawczy europejskiej fizyki jądrowej następnej dekady XXI wieku.

Komplementarnym projektem, w którym zaangażowana jest duża część społeczności polskich fizyków jądrowych, jest projekt **SPIRAL2** (*Systeme de Production d'Ions Radioactifs Accélérés en Ligne 2* w GANIL w Caen). Do wytwarzania wiązek radioaktywnych o największych w świecie natężeniach wykorzystany zostanie akcelerator liniowy niskich energii. SPIRAL2 rozpocznie pracę w 2013 roku i będzie dostarczał wiązki radioaktywne w oparciu o metodę ISOL (*Isotope Separation On-Line*) do badań struktury egzotycznych jąder i astrofizyki jądrowej, a także w badaniach (nowych) symetrii. SPIRAL2 jest projektem europejskim i wraz z FAIR wzmocni wiodącą rolę Europy w fizyce jądrowej egzotycznych jąder. Instytucje, które wnoszą do projektu wkład finansowy w budowę SPIRAL2 oraz nowatorskich układów detekcyjnych (takich jak PARIS, FAZIA czy AGATA), staną się członkami Rady Zarządzającej SPIRAL2. Dlatego bardzo pożądane jest wsparcie finansowe w formie *in-kind* ze strony Polski, w szczególności na budowy detektora PARIS, który jest polską inicjatywą. Projekt SPIRAL2 ma znaczne poparcie struktur europejskich, ponieważ jest prekursorem planowanego dużego europejskiego projektu EURISOL, który przewidziany jest około 2025 roku.

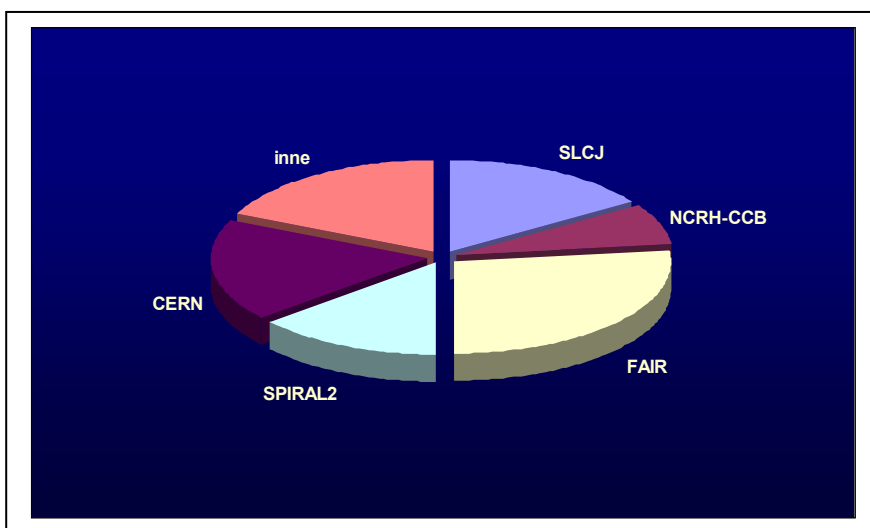
Możliwości oferowane fizyce jądrowej relatywistycznych energii przez wielki zderzacz hadronów LHC w **CERN** wykorzystywane będą poprzez udział polskich zespołów w eksperymentach **ALICE**. Celem eksperymentu ALICE jest badanie materii jądrowej w warunkach ekstremalnie dużych gęstości energii, gdzie oczekiwane jest przejście fazowe ze stanu materii hadronowej do stanu plazmy kwarkowo-gluonowej, **QGP**. Zbadanie własności **QGP** należy do najbardziej fascynujących i zarazem najtrudniejszych celów programu badania oddziaływań relatywistycznych ciężkich jonów. Program tych badań włącza analizę diagramu fazowego materii jądrowej w funkcji gęstości i temperatury, poszukiwanie punktu krytycznego oraz zjawisk wskazujących na uwolnienie kwarkowych stopni swobody. Komplementarnym jest program eksperymentu **NA61/SHINE**, realizowanego z użyciem akceleratora SPS w CERN, w którym decydującą rolę odgrywają polskie zespoły.

Oprócz powyżej wymienionych strategicznych obszarów badań, **Komisja uznaje znaczenie prac** prowadzonych w wielu mniejszych ośrodkach w Europie i na świecie. Polscy badacze stanowią czołówkę światową, zarówno w tworzeniu i aplikacji modeli

teoretycznych, jak i w przeprowadzaniu eksperymentów. Badania struktury jąder będą realizowane w INFN Włochy (Legnaro i Catania), IPN Orsay we Francji, JYFL w Finlandii, RIKEN w Japonii oraz FRIB w USA. Badania z zakresu oddziaływań i symetrii fundamentalnych prowadzone będą w PSI w Szwajcarii, ILL we Francji, KVI w Holandii, INFN Gran Sasso we Włoszech, FZ Jülich w Niemczech, KEK w Japonii. Badania własności materii jądrowej prowadzone będą w ZIBJ w Dubnej w Rosji oraz RHIC w USA. Prowadzenie przez fizyków polskich badań w tych ośrodkach było i jest umożliwiające poprzez dofinansowanie w ramach programów „open access” w 6 i 7 Programie Ramowym UE. **Komisja uważa za kluczowe** dążenie do utrzymania tej formy wsparcia dostępu polskich naukowców do infrastruktury badawczych w 8 PR.

Wszystkie powyżej wymienione kierunki badawcze znajdują silne wsparcia w teoretycznej fizyce jądrowej. Dlatego **Komisja uznaje wagę** zaangażowania Polski w działalność europejskiego **ośrodka fizyki teoretycznej ECT\*** we Włoszech.

Poniżej pokazane jest czasowe umiejscowienie działania infrastruktury badawczych, w których realizowane będą rekomendowane strategiczne kierunki rozwoju polskiej fizyki jądrowej, w trzech obszarach tematycznych. Projekty spoza obszaru rekomendacji („inne”) obejmują jako całość pełny zakres czasowy. Drugi diagram przedstawia planowane procentowe zaangażowanie fizyków polskich w poszczególnych ośrodkach rekomendowanych jako strategiczne.



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2019	2020
Struktura jąder atomowych (jądra egzotyczne, jądra w warunkach ekstremalnych, struktura stanów wzbudzanych, dynamika reakcji jądrowych)	SLCJ (JWW)		NCRH-CCB			FAIR (GSI)					
	inne (INFN, IPN Orsay, JYFL, RIKEN, FRIB, FCT*)				SPIRAL2 (GANIL)						
	inne (INFN, IPN Orsay, JYFL, RIKEN, FRIB, FCT*)				SPIRAL2 (GANIL)						
	inne (INFN, IPN Orsay, JYFL, RIKEN, FRIB, FCT*)				SPIRAL2 (GANIL)						
Oddziaływania i symetrie fundamentalne (układy nukleonowe, symetrie, procesy słabe)	inne (INFN, IPN Orsay, JYFL, RIKEN, FRIB, FCT*)				SPIRAL2 (GANIL)						
	inne (INFN, IPN Orsay, JYFL, RIKEN, FRIB, FCT*)				SPIRAL2 (GANIL)						
Materia jądrowa (plazma kwarkowo-gluonowa, materia hadronowa)	inne (INFN, IPN Orsay, JYFL, RIKEN, FRIB, FCT*)				SPIRAL2 (GANIL)						
	inne (INFN, IPN Orsay, JYFL, RIKEN, FRIB, FCT*)				SPIRAL2 (GANIL)						

### III. Metody fizyki jądrowej

Metody fizyki jądrowej, początkowo tworzone dla potrzeb eksperymentów z zakresu badań podstawowych w tej dziedzinie, znajdują coraz szersze zastosowania w innych gałęziach nauki i gospodarki. Głównymi obszarami zastosowań tych metod są: energetyka jądrowa, medycyna i badania materiałowe. Metody te oferują unikalne możliwości badawcze, takie jak: możliwość detekcji śladowych ilości pierwiastków, nieniszczące pomiary rozkładów domieszek, ilościowa ocena stopnia zdefektowania kryształów, modyfikacja materiałów poprzez kinetyczne domieszkowanie ciał stałych (implantację) lub transmutację atomów matrycy (tzw. domieszkowanie neutronowe) czy też wykorzystywanie oddziaływania promieniowania z materią i organizmami biologicznymi w celu wyznaczenia struktury atomowej i krystalicznej, wiązania chemicznego pierwiastków, ich rozkładu, stanu magnetycznego itp. Dostęp i zastosowanie tych zaawansowanych metod ma decydujące znaczenie dla rozwoju technologii nowoczesnych materiałów, bez której nie jest możliwy postęp cywilizacyjny. Komisja uznaje więc za bardzo istotne zapewnienie dostępu do nowoczesnych źródeł promieniowania elektromagnetycznego i neutronowego oraz akceleratorów jonów stosowanych w badaniach materiałowych.

Naukowcy wykorzystują w swoich badaniach źródła promieniowania, znajdujące się w ośrodkach europejskich i narodowych. Ośrodki europejskie finansowane są przez konsorcja krajów europejskich i eksperymenty mogą w nich przeprowadzać jedynie kraje wnoszące wkład finansowy do eksploatacji tych źródeł. Polska, z tak dużym potencjałem naukowym, powinna być członkiem tych konsorcjów, które są na liście ESFRI, dlatego należy kontynuować zaangażowanie Polski w tych instytucjach (**ESRF**, **ILL**, Grenoble, **XFEL**, Hamburg). Możliwość prowadzenia badań w narodowych ośrodkach neutronowych i synchrotronowych (**HASYLAB**, Hamburg, **MAX-lab**, Lund, **PSI**, Villigen i in.), w 6. i 7. programie ramowym (PR) UE dofinansowana była poprzez programy „open access”. **Komisja uważa za kluczowe** dążenie do utrzymania tej formy dostępu do europejskiej dużej infrastruktury badawczej w 8. PR.

Środowisko naukowe pokłada duże nadzieje w skierowanym do realizacji projekcie budowy **Narodowego Centrum Promieniowania Synchrotronowego (NCPS)** w Krakowie. Bezwzględnie należy dążyć do zrealizowania drugiego etapu budowy tego Centrum, który zapewni finanse na budowę dalszych linii pomiarowych i stacji badawczych przy tym źródle. Tylko wtedy pieniądze zainwestowane w to przedsięwzięcie zostaną należycie wykorzystane. Ze względu na zakres energii fotonów, dostępny w realizowanym projekcie, nie wszystkie techniki wykorzystujące promieniowanie synchrotronowe (PS) będą mogły być dostępne w NCPS. Znaczna część środowiska naukowego zainteresowana jest energią PS powyżej 15 keV. Obecnie szereg badań prowadzonych jest m.in. na synchrotronie niemieckim Doris III w HASYLAB. Polskie grupy wykorzystują 15% dostępnego tam czasu badawczego. Planowane jest jednak zamknięcie tego synchrotronu w roku 2012. Dlatego celowym jest zapewnienie naukowcom polskim możliwości dostępu do innych stacji badawczych z wyższą energią. Bardzo atrakcyjnie przedstawia się oferta Uniwersytetu w Lund, gdzie budowany jest nowoczesny synchrotron o energii elektronów 3 GeV **MAX IV**. Wydaje się uzasadniony udział Polski w budowie i eksploatacji dwóch stacji badawczych o wysokiej energii przy tym synchrotronie. Dostęp do źródeł promieniowania synchrotronowego jest nieodzowny, gdyż gwarantuje rozwój szeroko pojętej technologii materia-

łowej dla przemysłu chemicznego, elektronicznego, farmakologicznego. Techniki te stosowane są w badaniach geologicznych, archeologii, muzealnictwie, a nawet wykorzystywane bezpośrednio w terapiach medycznych.

Rozwija się intensywnie kolejna generacja źródeł promieniowania, które wykazują wszystkie cechy promieniowania laserów optycznych. Są to tzw. lasery na swobodnych elektronach. Polska zaangażowała się aktywnie w budowę europejskiego lasera XFEL. Naukowcy Polscy uzyskują również dostęp do istniejących laserów narodowych. Dostarczają one promieniowania w zakresie ultrafioletu i miękkiego promieniowania X. Badania tam prowadzone pozwalają śledzić przebieg wielu zjawisk zarówno w przestrzeni jak i w domenie czasowej. Komplementarnym dla lasera XFEL może stać się laser na swobodnych elektronach **POLFEL** w IPJ Świerk. Urządzenie takie oparte o technologię opracowaną dla lasera XFEL pozwoliłoby na stworzenie w kraju dużego, multidyscyplinarnego ośrodka badawczego opartego o wykorzystanie intensywnego promieniowania w zakresie od podczerwieni do głębokiego ultrafioletu. Planowany obszar badań, możliwych do wykonania przy pomocy tego urządzenia, to prace z zakresu fizyki jądrowej, medycyny, biologii i inżynierii materiałowej. Szczególną wartością tego projektu jest fakt, że POLFEL byłby jedynym tego typu urządzeniem w Europie Wschodniej i pozwoliłoby na wykorzystanie i rozwój kadry IPJ mającej duże doświadczenie w budowie i eksploatacji urządzeń przyspieszających.

Bardzo cenną, godną wsparcia inicjatywą *Uniwersytetu Jana Kochanowskiego* – UJK w Kielcach jest projekt **LIMIT – Laboratorium Oddziaływania Jonów z Materiał**, koncentrujący, w skali krajowej, badania interdyscyplinarne z zakresu oddziaływania wysokonaładowanych jonów z materiałem. Badania dotyczyć będą fizyki atomowej i molekularnej, fizyki plazmy, astrofizyki, fizyki powierzchni i materiałów, chemii oraz biofizyki i fizyki medycznej. Projekt bazuje na niskoenergetycznym akceleratorze jonów EBIS-A (*Electron Beam Irradiation System*) dającym wiązkę jonów w wysokich stanach ładunkowych, których energia potencjalna oddziaływania z atomami przewyższa energię kinetyczną jonów. Akcelerator EBIS-A umożliwi zatem prowadzenie unikalnych badań podstawowych i stosowanych w nowym reżimie oddziaływania jonów z materiałem. Dobrym przykładem takich procesów jest tworzenie nanostruktur na powierzchni materiałów poddanych działaniu wiązki lub możliwość badań biologicznych na pojedynczych komórkach (fragmentacja biomolekuł).

Wskazany jest rozwój małego elektrostatycznego akceleratora lekkich jonów w Laboratorium Fizyki Jądrowej i Medycznej Uniwersytetu Szczecińskiego. Akcelerator ten, z ultra wysoką próżnią, jest zasadniczym instrumentem badawczym w projekcie **eLBRUS** (*Laboratoria Badawczo-Rozwojowe Uniwersytetu Szczecińskiego*). Będzie on służył do prowadzenia prac w zakresie fizyki jądrowej przy ekstremalnie niskich energiach, nanoskopowych modyfikacji materiałów, radiospektroskopii, optoelektroniki, fizyki medycznej i fizyki polimerów. Połączenie metod badawczych fizyki jądrowej z metodami diagnostycznym innych dziedzin pozwoli na rozwój usług badawczo-rozwojowych dla zewnętrznych zlecniodawców, wspierając tym samym transfer technologii do innowacyjnych przedsiębiorstw z obszaru wysokich technologii.

Uzupełniającą inicjatywą jest projekt powstania **Interdyscyplinarnego. Ośrodka Innowacyjnych Technic Obrazowania Biomedycznego (IOITOB)** w Krakowie, spójnej platformy - infrastruktury badawczej, pozwalającej na wykorzystanie metod fizyki jądrowej (fluorescencji charakterystycznego promieniowania X wzbudzanego protonami, spektroskopii w podczerwieni, tomografii X i magnetycznego rezonansu jądrowego) dla

obrazowania biomedycznego od poziomu pojedynczego genu/białka poprzez poziom komórkowy i kończąc na obrazowaniu w skali narządów i organizmów. Obrazowanie, jak również badania uszkodzeń radiacyjnych i kinetyki procesów naprawy tych uszkodzeń na poziomie pojedynczej komórki, odgrywać będą istotną rolę w świetle podjętej decyzji przez Rząd RP o budowie elektrowni jądrowej w Polsce. Projekt jest przedsięwzięciem Konsorcjum czterech instytucji: Szpital im. Jana Pawła II, Instytut Farmakologii PAN, IFJ PAN oraz UJ. Takie zaplecze naukowo-badawcze pozwoli na prowadzenie wspólnych interdyscyplinarnych prac badawczo-rozwojowych w zakresie fizyki i biofizyki, chemii i biochemii, farmakologii i biotechnologii, fizjologii, neurokogniwyistyki i medycyny jak i nauk pokrewnych

Metody fizyki jądrowej mają i będą miały też zastosowanie w dziedzinach badań poświęconych szeroko pojętemu bezpieczeństwu państwa. W wielu krajach prowadzone są obecnie intensywne prace nad wykrywaniem materiałów radioaktywnych i wybuchowych przemycanych przez granice kraju. Zespół IPJ od szeregu lat współpracuje w tej tematyce z Międzynarodową Agencją Energii Atomowej, wsparty kontraktami MAEA. Uczestniczył w projekcie EURITRACK, w ramach programu FW VI Unii Europejskiej. Obecnie prace na szerszą skalę rozpoczęto w ramach projektu „**Akceleratorzy i detektory**” poświęconego nowym rozwiązaniom z zakresu wykrywania niebezpiecznych towarów i metod terapii onkologicznej. Tematyka ta staje się w IPJ ważną dziedziną stosowanej fizyki jądrowej. Poza projektem **AiD**, przewiduje się opracowanie całej gamy urządzeń wykrywających radioaktywność na przejściach granicznych opartych o techniki detekcyjne wyprzedzające obecne oferty firm światowych. Celem tych prac jest uruchomienie w Polsce produkcji systemów detekcyjnych zdolnych do wykrywania materiałów radioaktywnych na granicy państwa i opracowanie nowej generacji akceleratorów na potrzeby medycyny.

Nowy projekt wykorzystania technik fizyki jądrowej w wielu różnych dziedzinach nauki i nowoczesnej gospodarki został rozpoczęty przez UJ w Krakowie, przy zaangażowaniu innych ośrodków naukowych i instytucji pożytku publicznego. Celem projektu jest utworzenie ogólnopolskiego **Interdyscyplinarnego Centrum Badawczego - ICB**. Będą tam prowadzone badania zawartości śladowych różnych (stabilnych i niestabilnych) izotopów, w kontekście ich zastosowania w wielu dziedzinach gospodarki. Nawiązana współpraca z zainteresowanymi instytucjami skutkować będzie stosowaniem nowoczesnych metod pomiarowych w: farmakologii, biomedycynie, biologii molekularnej, ekologii, hydrologii, geologii, archeologii, kryminalistyce, badaniu żywności etc. Podstawową metodą określania zawartości izotopów niestabilnych będzie akceleratorowa spektroskopia masowa (AMS). Uzupełniającą techniką będą pomiary aktywności licznikami ciekło-scyntylicyjnymi (LSC), które pokryją zakres masowy próbek niedostępny dla AMS. Dodatkowymi znacznikami są izotopy stabilne, które analizowane będą na drodze spektroskopii masowej. Sposoby zastosowań metod pomiarowych w tych dziedzinach są wciąż rozwijane – z tego względu wysoki priorytet ma stworzenie **narodowego ośrodka badań izotopowych**, wyposażenie go w nowoczesną aparaturę pomiarową i zapewnienie możliwości dynamicznego prowadzenia prac badawczych oraz aplikacyjnych dla potrzeb gospodarki.

W 2009 roku rząd RP podjął decyzję o uruchomieniu w Polsce programu budowy elektrowni jądrowych. Polska nauka, a szczególnie fizyka jądrowa, zobowiązana jest włączyć się w ten program poprzez kształcenie wysoko kwalifikowanych ekspertów, dokonywanie różnorodnych ekspertyz, oraz szeroką edukację społeczną. Niezbędnym działaniem jest stworzenie wyspecjalizowanego zaplecza naukowego do badania

materiałów stosowanych w energetyce jądrowej, nowych typów paliw do reaktorów jądrowych, w tym paliw typu „interna matryca”, i – co bardzo ważne - matryc immobilizacji wysokoaktywnych produktów rozszczepienia. Proponowanym działaniem będzie utworzenie **Laboratorium Jądrowej Inżynierii Materiałowej – LJIM** zajmującego się zarówno badaniami, jak też wykonującego ekspertyzy naukowe na potrzeby elektrowni jądrowych i instytucji nadzoru atomowego.

#### **IV. Dydaktyka**

**Komisja uznaje za priorytet wzmocnienie dydaktyki** w zakresie fizyki jądrowej i metod jądrowych poprzez rozbudowę i unowocześnienie bazy edukacyjnej. Szczególnie ważne jest wyposażanie jednostek dydaktycznych w laboratoria studenckie dysponujące nowoczesną aparaturą. Laboratoria te umożliwią będą kształcenie na poziomie zarówno podstawowym jak i bardziej zaawansowanym. Konieczne jest odbudowanie bazy aparaturowej pracowni jądrowych działających na uczelniach i dopasowanie ich do współczesnych standardów dydaktycznych, w szczególności w zakresie badań aplikacyjnych wykorzystujących metody fizyki jądrowej. Najbardziej pożądanymi kierunkami rozwoju są zastosowania w dziedzinach: energetyka jądrowa, medycyna jądrowa, zastosowania diagnostyki i analizy izotopowej. Działania tego typu podejmowane są przez konsorcja uczelni i instytutów badawczych – jako przykład służyć może wspólna inicjatywa AGH, UJ i IFJ PAN w Krakowie, powołująca do działania Centrum Badawcze Technologii Jądrowych - **CBTJ**, które prowadzić będzie skoordynowane działania edukacyjno-aplikacyjne. Ośrodek taki powinien zostać wyposażony w podkrytyczny reaktor szkolno-treningowy (tzw. „reaktor zerowej mocy”). Działalność takich centrów stanowi załączek propagowania w społeczeństwie kultury wykorzystywania na szeroką skalę zdobyczy fizyki jądrowej oraz wdrażania gospodarki opartej na wiedzy.

*Opracował Zespół Redakcyjny(\*) Komisji Fizyki Jądrowej i Metod Jądrowych, powołanej z ramienia Rady ds. Atomistyki Państwowej Agencji Atomistyki.*

##### Skład Komisji:

Konrad Czerski, USz  
Krystyna Jabłońska\*, IF PAN  
Jacek Jagielski\*, ITME  
Jerzy Jastrzębski, ŚLCJ UW  
Marek Jeżabek, IFJ PAN  
Stanisław Kistryn\*, IF UJ  
Adam Maj\*, IFJ PAN  
Zbigniew Majka, IF UJ

Tomasz Matulewicz, UW  
Jan Pluta, PW  
Krzysztof Pomorski, UMCS  
Krzysztof Rusek\*, ŚLCJ UW  
(przewodniczący)  
Janusz Skalski, IPJ  
Jan Styczeń\*, IFJ PAN  
Wiktor Zipper, UŚ