

STRATEGICZNE KIERUNKI BADAWCZE

POLSKIEJ FIZYKI JĄDROWEJ (2007-2016)

Wstęp

Polscy fizycy jądrowi **w pierwszym rzędzie prowadzą badania podstawowe**, których rozwój jest niezmiernie ważny ze względów poznawczych, ale i też kluczowy często 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 ten nurt zastosowań fizyki jądrowej. Polscy fizycy jądrowi 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 uzyskiwanych wyników, ale także przy wytyczaniu nowych kierunków badań. Obecne eksperymentalne prace badawcze prowadzone są w dużej mierze na akceleratorach SIS w GSI (*Gesellschaft für Schwerionenforschung*) w Darmstadt, czy COSY w *Forschungszentrum* w Jülich, na akceleratorach GANIL (*Grand Accélérateur National d'Ions Lourds*) w Caen, Francja, ALPI w Legnaro, Włochy, czy JYFL w Jyväskylä, Finlandia, jak i ZIBJ w Dubnej.

Krajowe projekty eksperymentalne oparte są na **WARSZAWSKIM CYKLOTRONIE** w ŚLCJ. Dla znacznego poprawienia i unowocześnienia przyśpieszania ciężkich jonów nieodzowne jest wyposażenie tego cyklotronu w źródło jonów nowej generacji (ECR), jak również stopniowa modernizacja intensywnie eksploatowanej infrastruktury akceleratorycznej.

Z projektów europejskich, polscy fizycy największym zainteresowaniem darzą przyszłościowy projekt **FAIR** – *Facility for Antiproton and Ion Research* – w GSI, w Darmstadt. FAIR jest jednym z najbardziej ambitnych programów w świecie, zarówno pod względem naukowym, jak i technicznym. Jego całkowity koszt przewidywany jest na 950 milionów euro, z czego 80% pokrywa rząd niemiecki.

Badania naukowe obejmą wachlarz pięciu dyscyplin fizyki, stanowiących filary FAIR: 1) fizyka struktury i astrofizyka jądrowa z użyciem wiązek radioaktywnych, 2) fizyka hadronów z wiązkami antyprotonów, 3) materia hadronowa o bardzo wysokiej gęstości, 4) fizyka plazmy przy bardzo wysokich ciśnieniach i wysokiej temperaturze, 5) fizyka atomowa i zastosowania. 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.

Drugim ambitnym projektem, w którym zaangażowana jest spora część społeczności fizyków polskich, to projekt **SPIRAL 2** (*Systeme de Production d'Ions Radioactifs Accélérés en Ligne 2*) w GANIL w Caen. SPIRAL 2 jest projektem francuskim (finansuje go rząd francuski w wys. 135 mln euro), ale o wymiarze europejskim. Do wytwarzania wiązek radioaktywnych wykorzystany zostanie akcelerator liniowy niskich energii. SPIRAL 2 rozpocznie pracę w 2011 roku i będzie dostarczał wiązki radioaktywne w oparciu o metodę ISOL (*Isotope Separation On-Line*) do badań struktury jądrowej i astrofizyki jądrowej, a także w badaniach (nowych) symetrii. Projekt ten ma znaczne poparcie struktur europejskich, ponieważ jest prekursorem dużego europejskiego projektu EURISOL, który przewidziany jest około roku 2016.

Możliwości oferowane fizyce jądrowej w niedalekiej przyszłości przez wielki zderzacz hadronowy LHC w CERN wykorzystywane będą przez zastosowanie detektora **ALICE, CMS i ATLAS**, przy których budowie uczestniczą polskie zespoły. Ich zadania związane będą z badaniami plazmy kwarkowo-gluonowej powstającej w zderzeniach relatywistycznych (TeV) ciężkich jonów. Obecnie podobne prace prowadzone są na akceleratorze **RHIC** w USA, lecz w zakresie energii znacznie niższych niż planowane w LHC.

Wśród nieakceleratorowych eksperymentów fizyki jądrowej należy wspomnieć o **poszukiwaniu podwójnego bezneutrinowego rozpadu beta**. Eksperymenty tego typu, wymagające podziemnych laboratoriów z bardzo niskim poziomem naturalnego tła, mogą udzielić odpowiedzi na temat podstawowych własności neutrin. Zainteresowanie polskich fizyków jądrowych koncentruje się obecnie na planach udziału w budowie detektora SuperNEMO (Frejus) i GERDA (Gran Sasso); liczymy także na wykorzystanie do budowy laboratorium niskotłowego unikalnych własności fizykochemicznych wyeksploatowanych komór kopalni Sieroszowice-Polkowice.

Tak jak i w innych krajach, z przyczyn organizacyjnych (liczne ośrodki uniwersyteckie) badania w zakresie teoretycznej fizyki jądrowej mają charakter rozproszony. W skali europejskiej, centrum teoretycznych badań jądrowych stanowi ECT* w Trento. W działaniu tego ośrodka polscy fizycy-teoretycy odgrywają i zamierzają odgrywać bardzo istotną rolę.

Niezaprzeczalnym faktem jest olbrzymie znaczenie izotopów promieniotwórczych i wysokoenergetycznych wiązek protonów i ciężkich jonów w medycynie, zarówno w diagnostyce jak i w leczeniu różnych schorzeń, a szczególnie schorzeń nowotworowych. Niezmiernie ważne jest wsparcie projektów badawczych, zmierzających do wdrożenia metod jądrowych w medycynie, jak również zwiększenie nakładów finansowych na ten cel. Jednym ze znaczących projektów jest budowa centrum terapii protonowej w Ośrodku krakowskim. W Instytucie Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie prace nad radioterapią protonową oka są już zaawansowane. W ŚLCJ – bardzo zaawansowane są prace, zmierzające do uruchomienia w Warszawie Ośrodka Tomografii Pozytonowej – zarówno dla rozwoju diagnostyki medycznej, jak i prac badawczych w szeroko pojętych „naukach życia” (life sciences).

W zasadzie nieuniknione jest, że w niedalekiej dającej się przewidzieć przyszłości Polska, dbając o swoją suwerenność energetyczną i *ekologię*, będzie musiała wprowadzić energetykę jądrową w znaczącym rozmiarze. Wydarzenia ostatnich miesięcy ukazały dobitnie, że Polska nie może czuć się bezpieczna pod względem suwerenności energetycznej. Dlatego konieczne jest zwiększenie tego bezpieczeństwa przez budowę elektrowni jądrowych. Polska nauka, a szczególnie fizyka jądrowa może wspierać przygotowanie decyzji o budowie przez dokonywanie różnorodnych ekspertyz, kształcenie wysoko kwalifikowanych ekspertów oraz szeroką edukację społeczną. Już dziś należy myśleć o technologiach przyszłości, z których bliska realizacji jest IV generacja reaktorów wysokotemperaturowych. Wstępne studia nad takim reaktorem rozpoczęto w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów (ŚLCJ) Uniwersytetu Warszawskiego, Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH i in. Celem programu badawczego będzie budowa w Polsce pilotażowej instalacji około 2015. Coraz intensywniej prowadzone są również badania nad reaktorami termojądrowymi. Instytut Problemów Jądrowych i Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy aktywnie włączają się w prace nad europejskim reaktorem ITER w ramach programu EURATOM.

Poniżej podane są strategiczne kierunki rozwoju polskiej fizyki jądrowej, oraz zaangażowanie fizyków polskich na przestrzeni lat 2007-2016 w dużych europejskich projektach badawczych. Przedstawione są również duże projekty badawcze związane z zastosowaniami technik fizyki jądrowej w medycynie, biologii i badaniach interdyscyplinarnych, oraz w badaniach naukowych dotyczących energetyki jądrowej i jej otoczenia.

Instytucje naukowe, realizujące badania naukowe z fizyki jądrowej

Instytuty badawcze:

1. Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN)
2. Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana (IPJ)

Jednostki uczelniane:

1. Uniwersytet Jagielloński (UJ)
 - Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
2. Uniwersytet Warszawski (UW)
 - Wydział Fizyki
 - Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów (ŚLCJ)
3. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej (UMCS)
 - Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki
4. Politechnika Warszawska (PW)
 - Wydział Fizyki
5. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica (AGH)
 - Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
6. Uniwersytet Śląski (UŚ)
 - Wydział Fizyki
7. Uniwersytet Łódzki (UŁ)
 - Wydział Fizyki
8. Uniwersytet Zielonogórski (UZ)
 - Wydział Fizyki i Astronomii
9. Akademia Świętokrzyska (AŚ)
 - Wydział Matematyczno-Przyrodniczy
10. Uniwersytet Wrocławski (UWr)
 - Wydział Fizyki i Astronomii

STRATEGICZNE PLANY BADAWCZE POLSKIEJ FIZYKI JĄDROWEJ (2007-2016)

(Teoria i eksperyment)

BADANIA PODSTAWOWE

		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
I	II	struktura jąder atomowych i oddziaływania między nukleonowe	jądra egzotyczne	SPIRAL2										
				SIS@GSI								FAIR		
			jądra w warunkach ekstremalnych	SPIRAL2										
				Legnaro, Jyvaskyla, RIA								FAIR		
			struktura stanów wzbudzonych	SLCJ										
				SIS@GSI								FAIR		
procesy słabe	SPIRAL2													
	Legnaro, Jyvaskyla, RIA													
		podziemne lab. niskotłowe (Sieroszowice)												
materia jądrowa	plazma kwarkowo-gluonowa	ALICE@LHC CERN												
		RHIC		FAIR										
	materia hadronowa	SIS@GSI								FAIR				

ZASTOSOWANIA FIZYKI JĄDROWEJ

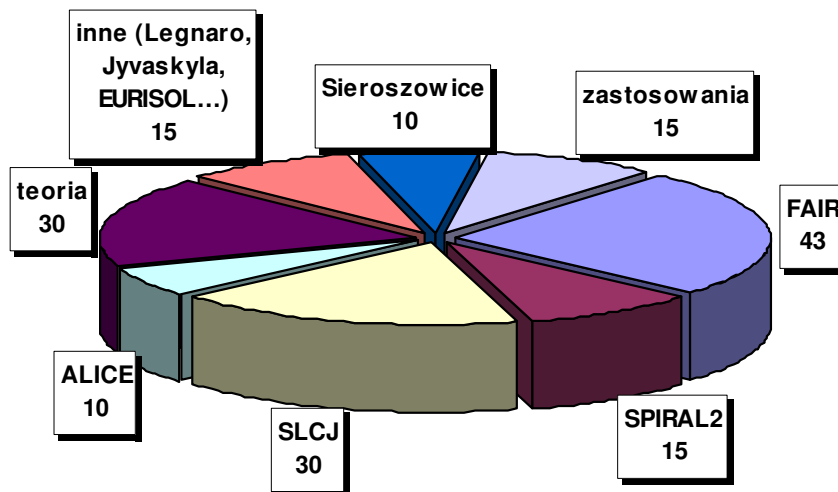
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
energetyka	REAKTOR WYSOKOTEMPERATUROWY IV GENERACJI PROJEKT, MODEL PILOTAŻ. energetyka termojądrowa	SLCJ, AGH, GIG, IEA,...									
		projekt ITER IFPiLM, IPJ, IFJ PAN									
radioizotopy medyczne	IZOTOPY REAKTOROWE	I E A, O B R I, IChTJ									
	IZOTOPY POZYTONOWE	SLCJ - OŚR. AKCELERACJI CZĄSTEK I TOMOGRAFII POZYTONOWEJ IFJ PAN > izotopy cykl. dla biologii i medycyny									
radioterapia hadronowa	OŚRODEK TERAPII PROTONOWEJ	I F J P A N, terapia oka, cyklotron AIC-144 IFJ PAN, Cykl. 250 MeV, terapia oka									
	OŚRODEK TERAPII C12	WARSZAWA									
bezpieczeństwo	POSTĘPOWANIE Z ODPADAMI PROMIENIOTWÓRCZYMI	I P J, I E A									
	WYKRYWANIE MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH	I P J									

Nakłady na infrastrukturę badawczą w dziale zastosowań winny pochodzić z budżetu **funduszy strukturalnych**. W tym celu do Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego przesłane zostaną kwestionariusze opracowane przez zainteresowane instytucje:

ŚLCJ – Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów,
 IFJ PAN – Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk,
 IPJ – Instytut Problemów Jądrowych,
 AGH – Akademia Górniczo-Hutnicza,
 GIG – Główny Instytut Górnictwa,
 IEA – Instytut Energii Atomowej,
 IFPiLM – Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy
 OBRI – Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Izotopów POLATOM
 IChTJ – Instytut Chemii i Techniki Jądrowej.

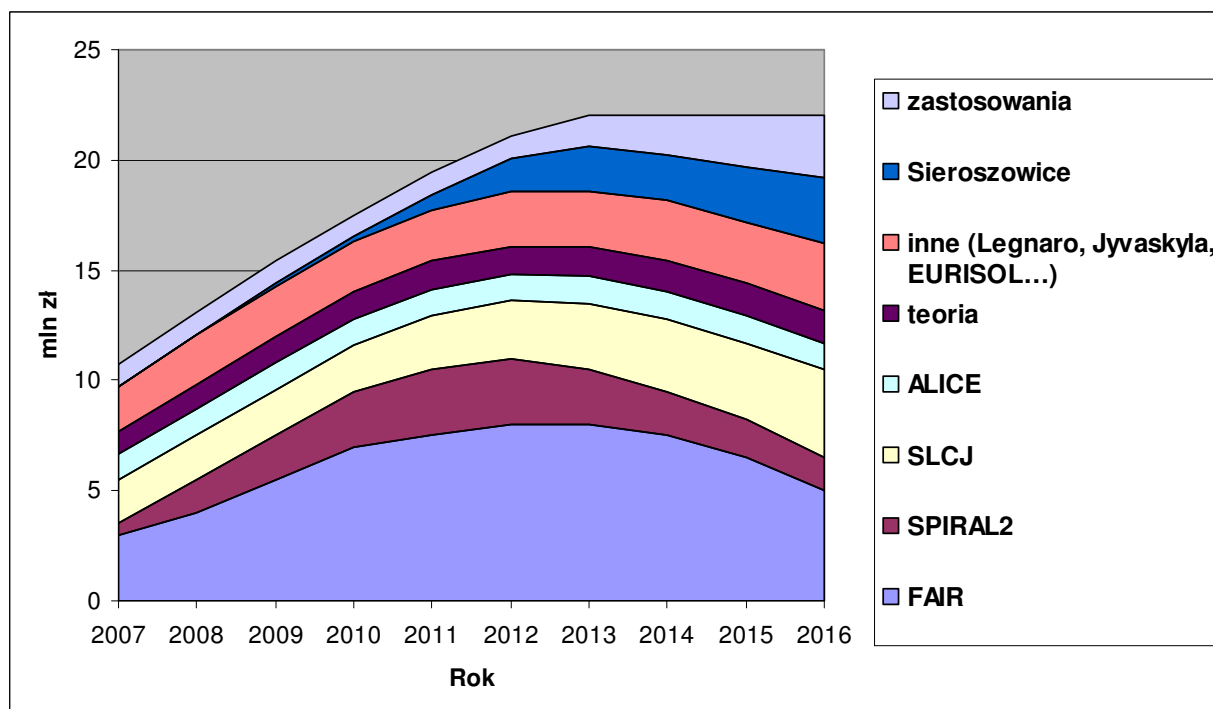
PLANOWANE ŚREDNIE ZAANGAŻOWANIE OSOBOWE

Podana jest liczba pracowników naukowych, zaangażowanych w poszczególnych projektach, w pełnym wymiarze czasu pracy



PROFIL NAKŁADÓW BUDŻETOWYCH

Przewidywane poniżej koszty na badania w poszczególnych projektach nie zawierają środków przyznawanych instytucjom naukowym w ramach dotacji podmiotowej.



Niniejsze strategiczne kierunki badawcze Polskiej Fizyki Jądrowej na lata 2007-2016 przygotowane zostały przez zespół w składzie:

Prof. dr hab. Jan Styczeń (IFJ PAN) - *przewodniczący*
Prof. dr hab. Jerzy Jastrzębski (ŚLCJ – UW)
Prof. dr hab. Marek Jeżabek (IFJ PAN)
Prof. dr hab. Reinhard Kulesa (IF UJ)
Prof. dr hab. Adam Maj (IFJ PAN)
Prof. dr hab. Zbigniew Majka (IF UJ)
Prof. dr hab. Tomasz Matulewicz (IFD UW)
Doc. dr hab. Paweł Olko (IFJ PAN)
Prof. dr hab. Krzysztof Pomorski (UMCS)
Doc. dr hab. Grzegorz Wrochna (IPJ)
Prof. dr hab. Wiktor Zipper (UŚ)

Kraków, 20 września 2006