

Strategiczne kierunki polskich badań w fizyce oddziaływań elementarnych i astrofizyce cząstek oraz fizyce jądrowej do roku 2016

Dwa zespoły reprezentujące badania podstawowe w szeroko pojętej polskiej atomistyce:

Komisja Fizyki Jądrowej Rady do spraw Atomistyki (KFJ RdsA)

i

Zespół Planowania Strategicznego Fizyki Oddziaływań Elementarnych (ZPS FOE)

przedstawiają swoje średnio- i długoterminowe plany naukowe (tzw. mapy drogowe) do roku 2016.

Historia fizyki jądrowej i cząstek elementarnych jest znakomitym przykładem pełnego łańcucha badawczego, od badań podstawowych poprzez prace rozwojowe do konkretnych zastosowań. W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat zupełnie abstrakcyjne badania elementarnych składników materii przyniosły całą gamę nowych technik i urządzeń stosowanych w wytwarzaniu i badaniu nowych materiałów, diagnostyce i terapii medycznej, energetyce i in.

Prezentowane strategiczne kierunki stanowią kontynuację tej drogi. Polska atomistyka obejmuje szeroki wachlarz dziedzin nauk podstawowych i stosowanych oraz bogaty program aplikacyjny. Ograniczamy tutaj się do tych prac badawczych i rozwojowych, które są blisko związane z badaniami podstawowymi i mogą być skutecznie rozwijane tylko w jednostkach, które takie badania prowadzą.

Podział badań pomiędzy fizykę oddziaływań elementarnych i fizykę jądrową nie jest ostry i niektóre zagadnienia wymieniane są w obu dokumentach.

Strategiczne kierunki badawcze polskiej fizyki oddziaływań elementarnych i astrofizyki cząstek (2008-2016)

Podsumowanie

- Zespół Planowania Strategicznego Fizyki Oddziaływań Elementarnych (ZPS FOE) wyodrębnia trzy kierunki strategicznego rozwoju polskiej FOE, zgodne ze strategicznymi kierunkami rozwoju światowej FOE: program LHC w CERN-ie, fizykę neutrin i astrofizykę cząstek oraz program następnego po LHC globalnego akceleratora cząstek, którym będzie najprawdopodobniej International Linear Collider. W dokumencie opisujemy każdy z tych kierunków bardziej szczegółowo.
- Jednym z istotnych kryteriów przy planowaniu badań powinna być zasada zapewnienia odpowiedniej „masy krytycznej” (liczby naukowców, właściwego zaplecza technicznego i poziomu finansowania) zespołów polskich, tak, żeby ich wkład mógł zapewnić im istotną rolę w prowadzonych na świecie eksperymentach.
- Należy wprowadzić kroczący system planowania w polskiej FOE:
 - krótkoterminowy (roczne),
 - średnioterminowy (trzyletnie),
 - strategiczny (w okresie ok. 12 lat).

W latach 2008-2016 przewidujemy więc trzy przeglądy średnioterminowe w 2010, 2013 i 2016 oraz przeglądy doroczne. Taki wybór okresów planowania średnioterminowego dobrze pasuje do światowego harmonogramu podejmowania ważnych decyzji w w/w okresie.

W czasie przeglądów średnioterminowych przewidujemy korekcje planów strategicznych.

- Dokument zawiera nasze bardziej szczegółowe rekomendacje dotyczące pierwszego z trzyletnich okresów planowania średnioterminowego 2008-2010, oraz, z konieczności mniej szczegółowe i mniej pewne, prognozy na lata 2011-2013 oraz 2014-2016.

1. Uwagi wstępne

Rola i znaczenie badań w FOE dla dalszego poznania struktury materii i historii Wszechświata była wielokrotnie przedstawiana i nie będzie powtarzana w niniejszym dokumencie. Chcemy jedynie podkreślić coraz silniejszy związek FOE z kosmologią i astrofizyką, które, w znacznym stopniu, stają się integralną jej częścią. Chcemy także dodać, że część badań w FOE zazębia się z badaniami w fizyce jądrowej.

1a. Specyfika badań doświadczalnych w fizyce oddziaływań elementarnych. Udział w światowym programie badań.

Specyfiką badań doświadczalnych w dziedzinie fizyki oddziaływań elementarnych jest ich międzynarodowy charakter w oparciu o wieloletnie wielkie projekty globalne skoncentrowane na wielkich akceleratorach i unikatowych układach detekcyjnych. *Jest więc oczywiste, że kierunki strategiczne rozwoju polskiej FOE muszą pokrywać się z trendami światowymi, zaś polski proces decyzyjny powinien uwzględniać decyzje podjęte*

przez gremia międzynarodowe. Bardzo istotny jest udział polskich przedstawicieli, zarówno środowiska naukowego jak i agencji finansującej, w międzynarodowych gremiach opiniotwórczych, decyzyjnych i koordynujących takich jak ICFA, ECFA, ApPEC.

W tych ramach powinniśmy wybierać te kierunki badań, które najlepiej pasują do naszych narodowych specjalności i pokrywają się z tematyką badawczą istniejących lub powstających polskich szkół naukowych.

Zdajemy sobie sprawę, że zbytne rozproszenie tematyki naukowej powoduje, szczególnie w tej dziedzinie, wzrost kosztów związany z wkładami aparaturowymi i kosztami prowadzenia eksperymentu. Dlatego tendencją powinno być tworzenie silnych zespołów odgrywających istotną rolę w prowadzonych na świecie eksperymentach. Zapewnienie niezbędnej „masy krytycznej” (liczby naukowców, właściwego zaplecza technicznego oraz finansowego) w obszarze prowadzonych przez polskie zespoły aktywności naukowych jest niezwykle ważne i powinno stanowić istotne kryterium wyboru właściwych aktywności. Dotyczy to zarówno aktywności kontynuowanych (np. program LHC) jak i nowych inicjatyw. Koncentracja badań w FOE musi jednak odbywać się w sposób nie zagrażający naukowemu poziomowi tych badań .

Polskie zespoły mają wyrobioną międzynarodową pozycję naukową (patrz Memorandum ZPC FOE „Polskie osiągnięcia w dziedzinie FOE. Rola CERN”, <http://www.fuw.edu.pl/~ajduk/memorcz0731.pdf>). Pierwzoplanowe znaczenie ma uczestnictwo polskie w programie naukowym Large Hadron Collider (LHC) w Europejskim Instytucie Badań Jądrowych CERN.

W latach 2008-2016 będzie wzrastała rola eksperymentów w dziedzinie astrofizyki cząstek i badania oddziaływań neutrin. Planowane w tych dziedzinach eksperymenty będą także dużymi międzynarodowymi przedsięwzięciami detektorowymi wymagającymi odpowiednio dużych współprac międzynarodowych. Planujemy wzrost udziału zespołów polskich w tej szybko rozwijającej się i ważnej naukowo dziedzinie.

W okresie 2010-2016 międzynarodowa społeczność naukowa FOE planuje rozpoczęcie budowy następnego globalnego akceleratora. Obecnie najbardziej uzasadnione wydaje się zbudowanie liniowego zderzacza elektron-pozyton International Linear Collider (ILC) i związanych z nim układów detektorowych. Fizycy polscy uczestniczą już w pracach studyjnych nad jego programem. W tym dokumencie zakładamy taki właśnie scenariusz. Gdyby międzynarodowe środowisko naukowe w oparciu o dane z LHC podjęło w latach 2010-2013 decyzję o budowie innego globalnego akceleratora, polski program powinien ulec odpowiedniej modyfikacji. W tym dokumencie będziemy używali nazwy ILC jako nazwy-klucza następnego akceleratora globalnego pamiętając o powyższych zastrzeżeniach.

1b. Szczególna rola CERN-u

CERN zajmuje szczególne miejsce w polskiej fizyce oddziaływań fundamentalnych. Jako kraj członkowski jesteśmy jego współwłaścicielami. Program naukowy CERN-u, który współtworzymy, pochłaniał w latach ubiegłych ok. 51% środków z grantów i SPB wydatkowanych na fizykę oddziaływań elementarnych oraz angażuje ok. 60% polskich fizyków doświadczalnych z FOE.

Uważamy, że wiodąca rola CERNu w kształtowaniu badań w FOE w jego krajach członkowskich, w tym w Polsce, nie zmaleje w rozważanym okresie 2008-2016.

2. Strategiczne kierunki badawcze polskiej fizyki oddziaływań elementarnych w latach 2008-2016

Sądzymy, że w latach 2008-2016 można wyróżnić trzy priorytetowe kierunki badań w polskiej fizyce oddziaływań elementarnych, ściśle powiązane ze światowymi planami badań w tej dziedzinie:

1. Program naukowy LHC w CERNie,
2. Fizyka neutrin oraz astrofizyka cząstek z kosmologią,
3. Przygotowanie programu naukowego, a potem budowa aparatury detekcyjnej dla następnego akceleratora globalnego – ILC.

W tych kierunkach w Polsce powinno się prowadzić zarówno badania doświadczalne jak i teoretyczne.

Omówimy teraz trzy priorytetowe kierunki badań bardziej szczegółowo uwzględniając powiązania polskiej i światowej FOE.

2a. Program naukowy LHC w CERNie

Polskie zespoły naukowe uczestniczą w przygotowaniu wszystkich czterech eksperymentów przy LHC: ALICE, ATLAS, CMS i LHCb. Udział fizyków polskich we wszystkich 4 eksperymentach motywowany jest wielkością polskiej społeczności naukowej i jej szerokimi zainteresowaniami i umiejętnościami w dziedzinie budowy aparatury detekcyjnej i oprogramowania.

Akcelerator LHC rusza w 2007, w latach 2008-2010 dostarczy danych, które, jak mamy nadzieję, pozwolą na odkrycia o fundamentalnym znaczeniu poznawczym: mechanizmów generacji masy (np. mechanizm Higgsa) oraz dowodów doświadczalnych efektów poza Modelem Standardowym. Badania doświadczalne prowadzone przez polskie zespoły naukowe będą miały, tak jak dotychczas, silne wsparcie w polskich badaniach teoretycznych.

Sądzymy, że w latach 2008-2010 program naukowy LHC powinien mieć w Polsce priorytet. Uważamy, że utrzymanie polskiego udziału w 4 eksperymentach w w/w okresie jest bardzo ważne. Okres 2008-2010 będzie w dużym stopniu poświęcony zrozumieniu złożonej aparatury detekcyjnej, w tym także tej wykonanej przez zespoły polskie. Udział polskich ekspertów w naświetleniach, analizie, testach i ew. naprawach będzie niezbędny. Będzie to powodowało wzrost liczby fizyków przede wszystkim tych pracujących nad analizą danych z LHC, w tym także ważny wzrost liczby doktorantów. Sądzymy, że pod koniec tego okresu aparatura detekcyjna będzie już dobrze zrozumiana, zaś podstawowy wysiłek badawczy będzie polegał na „rutynowym” zbieraniu danych i coraz bardziej wyszukanej ich analizie.

Lata 2011-2016 będą okresem zwiększania precyzji danych z LHC. Jednocześnie ten ważny naukowo okres może charakteryzować się przepływem części polskiego wysoko wykwalifikowanego personelu w kierunku budowy aparatury w dwóch pozostałych kierunkach: ILC i fizyki neutrin oraz astrofizyki cząstek z kosmologią.

W latach 2013-2016 będzie podejmowana decyzja o ewentualnej rozbudowie LHC poprzez zwiększenie jego świetlności (SLHC) lub zwiększeniu energii (DLHC), oraz związana z nią decyzja o modernizacji układów doświadczalnych. Ten proces będzie zależał od otrzymanych wyników z LHC oraz podejmowanych mniej więcej w tym samym czasie ustaleń co do budowy ILC lub innego nowego akceleratora globalnego. Polskie środowisko naukowe FOE powinno aktywnie uczestniczyć w tym procesie.

2b. Fizyka neutrin oraz astrofizyka cząstek z kosmologią

Przełomowe odkrycie oscylacji neutrin pod koniec lat dziewięćdziesiątych oraz burzliwy rozwój astrofizyki cząstek z kosmologią w tym samym okresie spowodowały szybki wzrost tych dziedzin badań także w Polsce. Dziedziny te wymagają coraz bardziej kompleksowych i kosztownych eksperymentów.

Polską społeczność, zajmującą się doświadczalną i teoretyczną fizyką neutrin, stanowią współpracujące z sobą grupy z Warszawy, Krakowa, Katowic i Wrocławia. Wszystkie

grupy uczestniczą w przygotowaniu eksperymentu ICARUS w Gran Sasso, fizycy z Warszawy biorą udział w japońskim programie badawczym (eksperymenty SuperKamiokande, K2K i T2K), zaś fizycy z Krakowa w eksperymencie Borexino. Uważamy, że w ramach koncentracji badań celowe jest dołączenie do eksperymentu T2K pozostałych polskich zespołów i ich skoordynowany udział w przygotowaniu elementów detektora. Intensywne prace konstrukcyjne przypadną na lata 2007-2008, a zbieranie danych rozpocznie się w 2009 roku.

Aktualnie ma miejsce konsolidacja światowej społeczności fizyków prowadzących badania neutrin i wytyczanie długofalowego programu badawczego, aż do ok. 2020 roku. Szczególnie ważną rolę odgrywać będą eksperymenty z wykorzystaniem intensywnych wiązek neutrin pochodzenia akceleratorowego i z ogromnymi detektorami umieszczonymi w odległościach co najmniej kilkuset kilometrów od źródła neutrin. Te detektory będą jednocześnie wykorzystywane do badań neutrin pochodzenia astrofizycznego i geofizycznego oraz do poszukiwań rozpadu protonu. W Europie w przygotowaniu są wystąpienia o finansowanie, w ramach 7. Programu Ramowego, projektów studyjnych dla nowych źródeł neutrin i dla przyszłych detektorów, w tym detektorów wypełnionych ciekłym argonem. Polskie zespoły powinny wziąć wspólny udział w tych europejskich programach studyjnych.

Polscy fizycy uczestniczą obecnie w kilku ważnych eksperymentach astrofizycznych. Patrząc w przyszłość należałoby skoncentrować wysiłki na 2-3 dużych eksperymentach, wśród których powinny się znaleźć Pierre Auger Observatory, zajmujący się badaniem wysokoenergetycznych kaskad, teleskopy dla obserwacji fotonów w zakresie TeV, HESS/MAGIC, oraz polski eksperyment zajmujący się badaniem rozbłysków optycznych i gamma "π of the Sky".

Podobnie jak w innych przypadkach, długoletni plan zaangażowania winien być uaktualniany co kilka lat.

Polskie środowisko fizyki neutrin i astrofizyki cząstek dyskutuje o stworzeniu wysokiej klasy podziemnego laboratorium badawczego w kopalni miedzi w Sieroszowicach k/Legnicy. Panują tam szczególne, unikatowe na skalę europejską warunki do takich badań - szczególnie niskie tło naturalne i osłona od promieniowania kosmicznego. Jest to bardzo ciekawy projekt, który mógłby nadać dużą rangę tym badaniom w Polsce. Jesteśmy zdania, że budowa takiego laboratorium w Sieroszowicach powinna być rozważona w kontekście umiędzynarodowienia tej inicjatywy i zapewnienia istotnego wkładu finansowego z Unii Europejskiej i innych zainteresowanych krajów. Inicjatywa ta jest koordynowana z środowiskiem fizyki jądrowej.

2c. Przygotowanie programu naukowego, a potem budowa aparatury detekcyjnej dla ILC

W światowej społeczności fizyki wysokich energii istnieje zgodność przekonań, że kolejnym akceleratorem po LHC powinien być liniowy zderzacz elektron-pozyton International Linear Collider (ILC), który pozwoli na ugruntowanie i uściślenie wyników otrzymanych na LHC, a także stworzy możliwości nowych odkryć – stanowisko takie wyraziły odpowiednie komitety przyszłych akceleratorów Europy (ECFA), Stanów Zjednoczonych (HEPAP, EPP2010) oraz Azji (ACFA); w r. 2004 poparcie dla tej koncepcji wyrazili również ministrowie nauki krajów OECD. Międzynarodowy Komitet Przyszłych Akceleratorów (ICFA) postanowił, iż będzie to projekt światowy i dla jego przygotowań powołał zespół „Global Design Effort”, który ma przygotować projekt techniczny akceleratora oraz ustalić mapę drogową dla jego realizacji. W r. 2004 zdecydowano, iż będzie wykorzystana technologia nadprzewodnictwa, a ok. r. 2010 ma zapisać decyzja, co do budowy urządzenia.

Obecnie, jak i w ciągu kilku kolejnych lat, prowadzone są i będą studia teoretyczne dotyczące przyszłych pomiarów, jak i prace badawczo-rozwojowe (R&D) nad elementami akceleratora i przyszłych detektorów; w pracach tych uczestniczą fizycy i inżynierowie z Krakowa, Łodzi i Warszawy. Równolegle tworzą się międzynarodowe zespoły, mające na celu zaprojektowanie przyszłych spektrometrów. Zespoły polskie włączają się w te prace.

Koszty tego programu są obecnie stosunkowo niewielkie; ok. r. 2010-2011 powinna zostać podjęta decyzja, co do udziału Polski w konstrukcji dużego detektora, porównywalnego pod względem złożoności i kosztów ze spektrometrami LHC. Chcielibyśmy jeszcze raz podkreślić, że decyzja światowa o nowym akceleratorze globalnym będzie determinowała tu decyzję polską.

3. Pozostałe eksperymenty

Trzy w/w kierunki priorytetowe nie wyczerpują całości polskich badań w FOE.

Polskie zespoły uczestniczą w kilku eksperymentach w CERN – COMPASS, NA49 – które związane są z programem naukowym SPS. Eksperymenty te zakończą się w latach 2008-2010, choć nie jest wykluczone, że będą miały kontynuację w latach późniejszych. Decyzje o dalszym udziale zespołów polskich w programie SPS będą musiały być podjęte w okresie 2008-2010.

Zespół polski uczestniczy też, na bardzo dogodnych warunkach finansowych, w bardzo ważnym eksperymencie BELLE przy fabryce b KEKB w Japonii. W latach 2009- 2011 rozważany jest projekt rozbudowy akceleratora do SuperKEKB i odpowiednia rozbudowa układu detekcyjnego. W okresie 2008-2010 powinna zostać podjęta decyzja w Japonii o realizacji tego projektu rozbudowy; należy oczekiwać konieczności podjęcia decyzji dotyczącej udziału Polski w tym projekcie.

Obecnie znacząca część fizyków polskich (ok. 7 %) uczestniczy w programie naukowym akceleratora HERA w ośrodku DESY k/Hamburga. Akcelerator HERA nie będzie już zbierał danych w latach 2008-2016, ale część fizyków będzie zapewne kontynuowała analizę danych. Oczekujemy, że większość pozostałych wejdzie do eksperymentów przy LHC lub zajmie się przygotowaniem polskiego programu ILC.

Udział polskich zespołów w programie naukowym zderzeń relatywistycznych ciężkich jonów przy Relativistic Heavy Ion Collider RHIC w Brookhaven (USA) zaowocował wieloma ciekawymi wynikami naukowymi. Są dalsze plany zbierania danych nawet po roku 2009.

4. Polska społeczność naukowa zajmująca się fizyką oddziaływań elementarnych

Badania w fizyce oddziaływań elementarnych prowadzone są w Polsce w 6 ośrodkach (Katowice, Kielce, Kraków, Łódź, Warszawa i Wrocław). Pracuje w nich łącznie ok. 300 fizyków doświadczalnych i inżynierów oraz ok. 100 fizyków teoretyków.

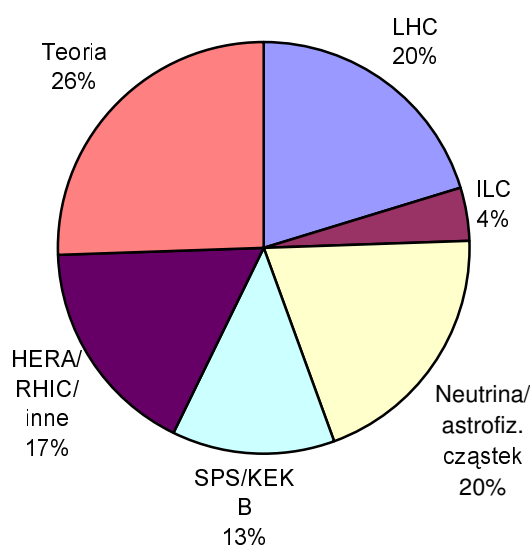
Kadra inżynieryjno- techniczna zaangażowana jest zarówno w budowę detektorów jak i budowę akceleratora LHC w CERNie, w pracach nad którym uczestniczy 50 inżynierów i techników z IFJ PAN i AGH.

Na Rys. 1 pokazujemy procentowy udział fizyków z FOE (Full Time Equivalent) w różnych aktywnościach naukowych będących przedmiotem niniejszego raportu. Dane z 2006 zostały tu porównane z naszymi prognozami na 2010. Wyróżniliśmy 6 aktywności naukowych: teorię i 5 aktywności doświadczalnych zgodnych z rozważanymi w niniejszym dokumencie projektami - eksperymenty LHC, program ILC, program fizyki neutrin i astrofizyki cząstek, programy SPS w CERN-ie i KEKB w Japonii, wreszcie inne aktywności oraz nowe inicjatywy.

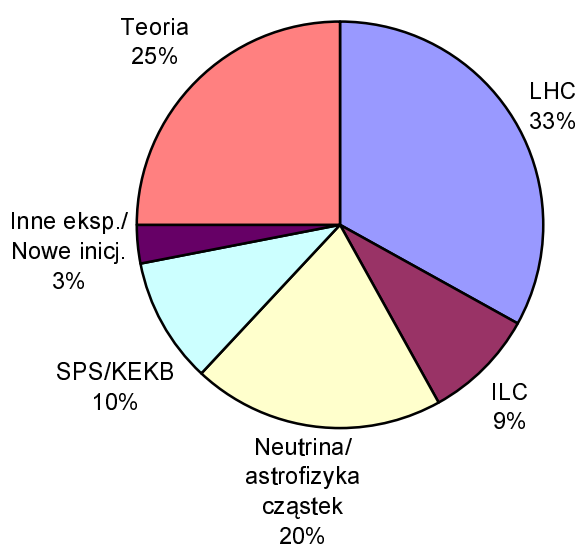
W okresie 2008-2016 przewidujemy stałe zatrudnienie w polskiej FOE.

Rys. 1 Procentowy udział (Full Time Equivalent) fizyków z FOE w różnych aktywnościach. Dane obecne z 2006 zostały pokazane razem z naszą prognozą na 2010

Zatrudnienie fizyków (FTE) w FOE w 2006



Przewidywane zatrudnienie fizyków (FTE) w FOE w 2010



5. Lokalna infrastruktura dla programu FOE

Dla efektywnego udziału w przygotowaniach, konstrukcji i analizie danych w/w eksperymentów potrzebna jest wspólna lokalna infrastruktura, zwłaszcza komputerowa – jej systematyczne odnawianie powinno zostać uwzględnione powyżej w wieloletnim programie strategicznym FOE. Ponadto powinno się przewidywać odnowę bazy pomiarowej i narzędziowej polskich laboratoriów (stanowisk pomiarowych szybkiej elektroniki, narzędzi programowania i symulacji). Dysponowanie nowoczesną, ciągle uaktualnianą infrastrukturą w laboratoriach polskich ma nie tylko znaczenie dla realizacji badań z FOE i możliwości włączania się w badania światowe ale także ma ogromne znaczenie edukacyjne (wyszkolenie studentów i doktorantów).

6. Procesy decyzyjne w polskiej FOE i przewidywany profil wydatków

Proces planowania w doświadczalnej FOE powinien obejmować planowanie strategiczne, długofalowe (do 12 lat) oraz planowanie średnio- (3 lata) i krótkofalowe (1 rok). Powinno to być planowanie kroczące, tj. zawierające mechanizmy korekcji planu długofalowego i średniofalowego.

W przypadku okresu 2008- 2016 proponujemy podzielenie go na 3 trzyletnie okresy:

2008 - 2010 Okres dominacji programu LHC, konsolidacji polskich zespołów naukowych. (dotyczy to zarówno eksperymentów przy LHC jak i bardziej rozproszonego obecnie pola fizyki neutrin oraz astrofizyki cząstek z kosmologią.), prac studyjnych nad ILC. W tym okresie przewidujemy uruchomienie polskiego systemu komputerowego Tier-2 dla potrzeb analizy danych z LHC.. W tym samym okresie powinna też zapaść decyzja o przystąpieniu do dużych światowych eksperymentów neutrinowych / astrofizyki cząstek.

Na Rys. 2 znajduje się proponowany na lata 2008-2010 procentowy profil nakładów na FOE. Uwzględniliśmy następujące pozycje:

- 1) Program LHC,
- 2) Program ILC,
- 3) Program neutrinowy i astrofizyki cząstek,
- 4) Dokończenie programu CERN SPS i KEKB BELLE,
- 5) Inne eksperymenty i nowe inicjatywy,
- 6) Badania teoretyczne,
- 7) Wspólna infrastrukturę.

Kategoria „Inne eksperymenty/Nowe inicjatywy” w tym trzyletnim okresie to przede wszystkim dokończenie programu HERA i RHIC, z niewielkim (2-3%) marginesem prawdziwie nowych inicjatyw.

Nakłady na wspólną lokalną infrastrukturę (przede wszystkim komputerową) stanowią istotną pozycję planowanego budżetu. Wydatki na infrastrukturę laboratoriów zostały włączone w koszty programów fizycznych, gdyż są one specyficzne dla tych programów.

Zgodnie z uwagami poczynionymi powyżej profil ten odzwierciedla dużą rolę fizyki LHC oraz wzrastającą rolę fizyki neutrin i astrofizyki cząstek, która będzie wymagała w w/w okresie inwestycji aparaturowych.

Szacujemy, że w liczbach bezwzględnych roczne potrzeby finansowe polskiej FOE w formie grantów i SPUB będą wynosiły 12.5 MPLN i będą stałe w okresie 2008-2010. Koszty te uwzględniają koszty badań doświadczalnych i teoretycznych oraz nakłady na rozwój infrastruktury (w tym infrastruktury komputerowej oraz rozbudowy i modernizacji laboratoriów).

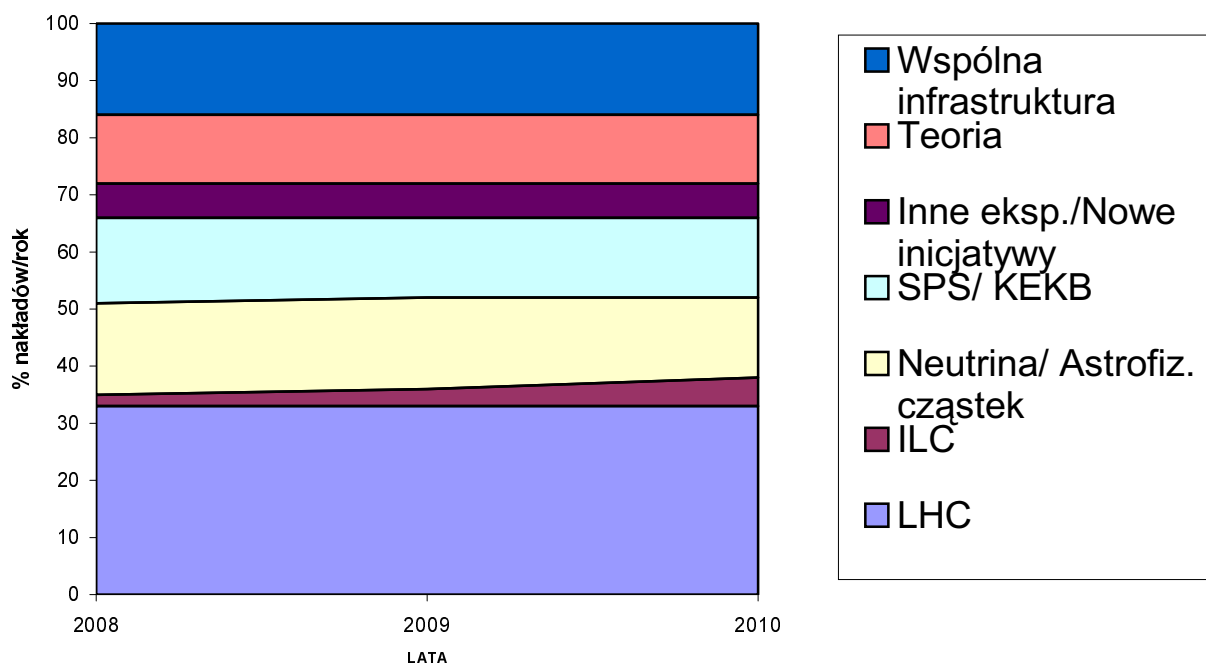
2011 - 2013 to pojawienie się precyzyjnych danych z LHC, decyzja o budowie i lokalizacji ILC (lub innego światowego akceleratora nowej generacji). Będzie to prowadziło do intensyfikacji prac nad detektorami i programem ILC.

2014 - 2016 Budowa ILC i detektorów, ew. decyzja o kontynuacji programu LHC, nowe inicjatywy.

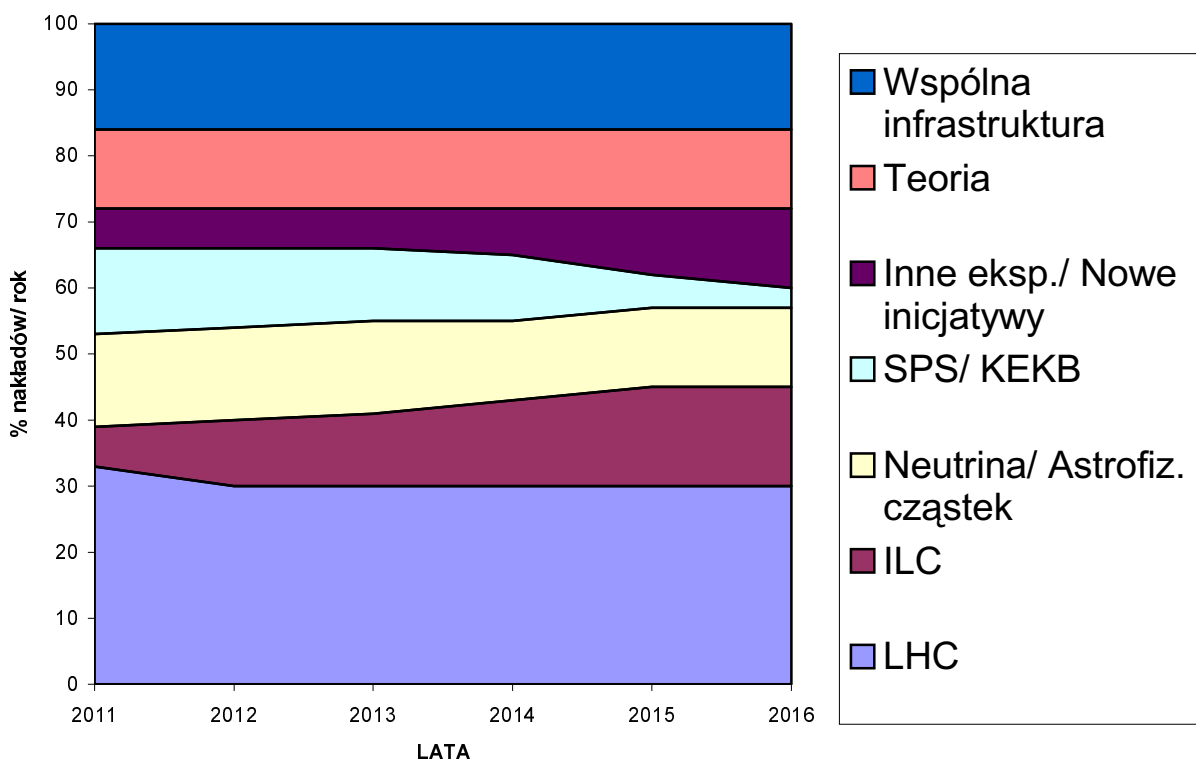
Taki podział na 3 trzyletnie okresy planowania średniofalowego dobrze pasuje do światowego harmonogramu decyzji nt. ILC i przyszłych projektów neutrinowych/ astrofizycznych.

Na Rys. 3 zamieściliśmy prognozę procentowych nakładów na polską FOE w latach 2011-2016. Kategorie wydatków są takie same jak na Rys. 2, z tym, że udział nowych inicjatyw wzrastać

Rys. 2 Proponowany profil wydatków na polską fizykę doświadczalną i teoretyczną oddziaływań elementarnych w latach 2008-2010. Wydatki podane są w procentach rocznych nakładów.



Rys. 3 Prognoza procentowych nakładów na polską FOE w latach 2011-2016.



będzie do 7%. Mając świadomość, że w latach 2010 i 2013 postulujemy średniookresowe przeglądy polskiej FOE oraz, że oczekujemy w tym okresie kilku światowych decyzji strategicznych określających kształt globalnych projektów, musimy uważać te prognozy za wstępne. Mamy także nadzieję, że roczne nakłady na polską FOE wzrosną ponad 12,5 MPLN. Miarą naszej niepewności jest przewidzenie ok. 5 - 7% rocznych nakładów w 2011-2016 na nowe inicjatywy. O niektórych takich możliwych nowych inicjatywach pisaliśmy powyżej ale musimy dopuścić możliwość zupełnie nieznanymi nowych pomysłów.

Niniejsze strategiczne kierunki badawcze polskiej fizyki oddziaływań elementarnych i astrofizyki cząstek w latach 2008 – 2016 opracował Zespół Planowania Strategicznego Fizyki Oddziaływań Elementarnych (ZPS FOE) w składzie:

prof. dr hab. Stefan Pokorski (IFT UW) - przewodniczący

prof. dr hab. Andrzej Białas (IF UJ i IFJ PAN)

prof. dr hab. Helena Białkowska (IPJ)

prof. dr hab. Marek Jeżabek (IFJ PAN)

prof. dr hab. Danuta Kisielewska (WFiIS AGH)

prof. UW dr hab. Maria Krawczyk (IFT UW)

prof. dr hab. Jan Królikowski (IFD UW)

prof. dr hab. Piotr Malecki (IFJ PAN)

prof. dr hab. Jan Nassalski (IPJ)

prof. dr hab. Ewa Rondio (IPJ)

prof. dr hab. Michał Turała (IFJ PAN)

prof. dr hab. Agnieszka Zalewska (IFJ PAN)

Warszawa/Kraków 19 września 2006

Strategiczne kierunki badawcze polskiej fizyki jądrowej (2007 - 2016)

Wstęp

Polscy fizycy jądrowi w **pierwszym rządzie 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 przyspieszania ciężkich jonów nieodzowne jest wyposażenie tego cyklotronu w źródło jonów nowej generacji (ECR), jak również stopniowa modernizacja intensywnie eksploatowanej infrastruktury akceleracyjnej.

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	jądra egzotyczne	SPIRAL2											
											FAIR			
							SIS@GSI							
	struktura jąder atomowych i oddziaływania między nukleonowe	jądra w warunkach ekstremalnych	SPIRAL2											
											FAIR			
						Legnaro, Jyvaskyla, RIA								
		struktura stanów wzbudzonych	SLCJ											
											FAIR			
		podziemne lab. niskotłowe (Sieroszowice)												
materia jądrowa	plazma kwarkowo-gluonowa	ALICE@LHC CERN												
		RHIC		FAIR										
	materia hadronowa					SIS@GSI				FAIR				

ZASTOSOWANIA FIZYKI JĄDROWEJ

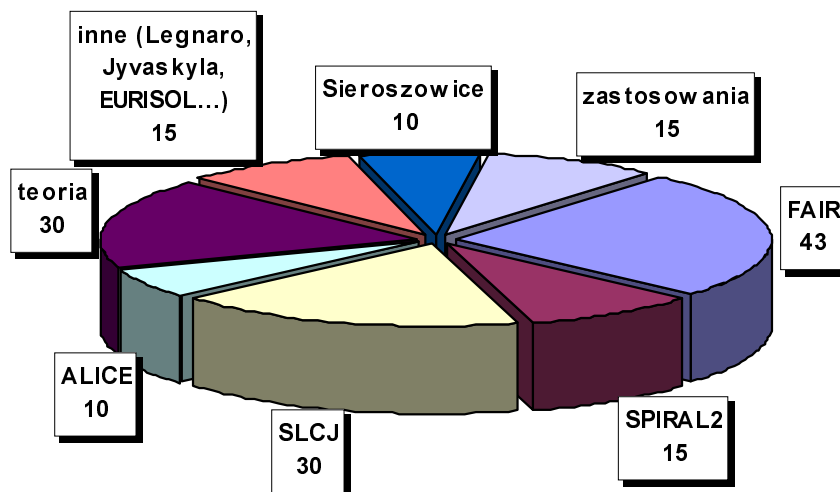
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
energetyka	REAKTOR WYSOKOTEMPERATUROWY IV GENERACJI PROJEKT, MODEL PILOTAŻ. energetyka termojądrowa	SLCJ, AGH, GIG, IEA,...										
							projekt ITER IFPiLM, IPJ, IFJ PAN					
radioizotopy medyczne	IZOTOPY REAKTOROWE	I E A, O B R I, IChTJ										
	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.

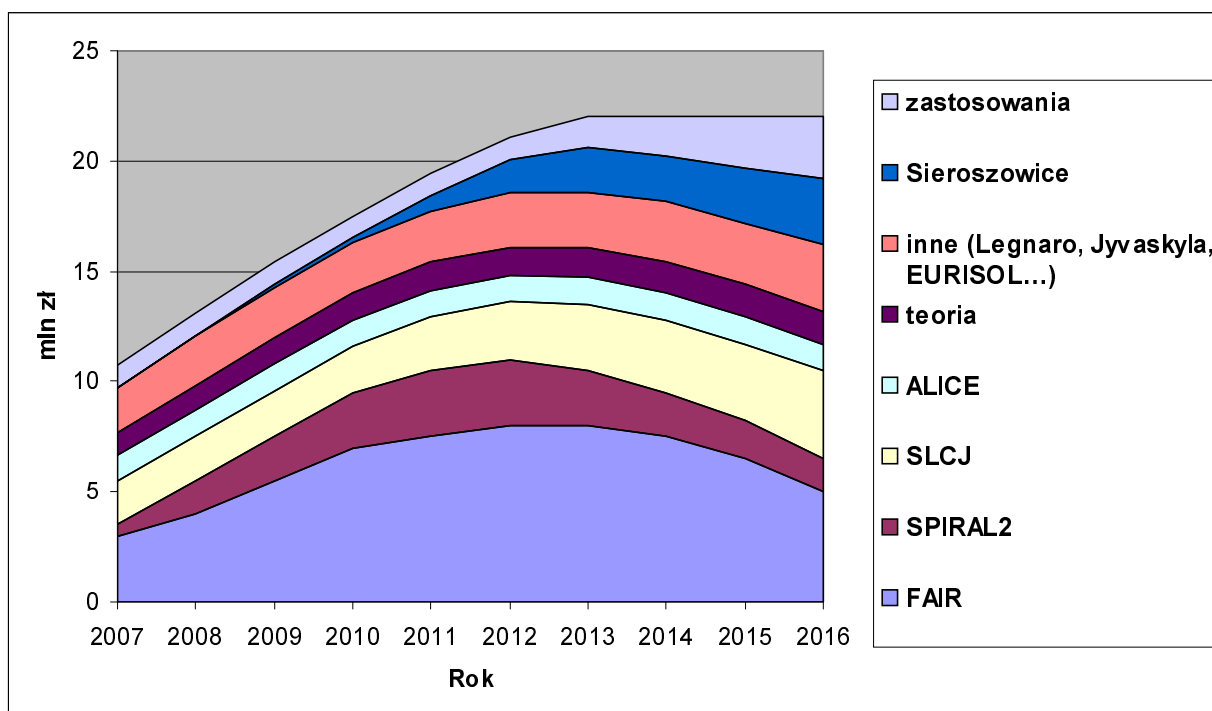
PLANOWANE ŚREDNIE ZAANGAŻOWANIE OSOBOWE

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 Komisję Fizyki Jądrowej Rady ds. Atomistyki 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