Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Zachodniopomorskiego na lata 2007-2013

Ostatnia faza projektu *eLBRUS* – Laboratorium Fizyki Jądrowej i Medycznej

Jednym z trzech projektów Uniwersytetu Szczecińskiego, który w wyniku naboru w trybie indywidualnym i przy udokumentowanym wsparciu naukowego środowiska kraju uzyskał w 2010 roku dofinasowanie, jest projekt *eLBRUS*. Jego nazwa to akronim oznaczający Laboratoria Badawczo-Rozwojowe Uniwersytetu Szczecińskiego i jednocześnie nazwa najwyższego szczytu Kaukazu, a jeżeli zaliczymy go do Europy, to także jej najwyższego wzniesienia.

dr hab. Konrad Czerski, prof. US
dr Natalia Targosz-Ślęczka
Mateusz Kaczmarski

Wydział Matematyczno-Fizyczny US

Dotacja ta została przyznana w naborze wniosków o dofinansowanie w trybie indywidualnym ogłoszonym przez Urząd Marszałkowski Województwa Zachodniopomorskiego na rozbudowę infrastruktury badawczo-rozwojowej, Oś 1 – Gospodarka – Innowacje – Technologie, Poddziałanie 1.2.2. Infrastruktura B+R w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Zachodniopomorskiego na lata 2007-2013, w którym uzyskać można było dotację z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego na konkretne lokalne projekty.

Bezpośrednim celem realizacji dotowanych projektów miało być „pobudzenie wzrostu innowacyjności i efektywności gospodarki województwa poprzez inwestycje w infrastrukturę naukowo-badawczą i wzrost roli nauki w rozwoju gospodarczym".

W stosunku do reszty kraju nasze województwo ma wciąż jeszcze stosunkowo słabo rozwiniętą bazę naukowo-rozwojową, chociaż sama liczba wykwalifikowanej kadry, biorąc pod uwagę wszystkie wyższe uczelnie regionu, nie prezentuje się źle[1]. Także bliskość regionu berlińskiego[2], jednego z największych zagłębi badawczych Europy, predysponuje nasze województwo do zajęcia znaczącego miejsca na polskiej mapie naukowej.

Instytut Fizyki Uniwersytetu Szczecińskiego może pełnić ważną rolę w procesie poszukiwania nowych innowacyjnych technologii i wspierania lokalnych przedsiębiorstw nowoczesnymi metodami diagnostycznymi. Będzie to możliwe dzięki systematycznemu doposażaniu w niezbędną aparaturę badawczą.

Pierwszą jaskółką było sprowadzenie w 2008 roku z Uniwersytetu Technicznego w Berlinie małego akceleratora elektrostatycznego. Dzięki pomocy grupy studentów sprzęt ten został zdemontowany, a następnie przez kilka lat był na nowo montowany i modernizowany. W podobny sposób zmarły niedawno dr hab. Stelmach, prof. US, zapoczątkował budowę laboratorium optoelektronicznego.

Chociaż projekt trwać będzie jeszcze do połowy 2014 roku, większość jego elementów została już wykonana. Nowo stworzone Laboratorium Polimerów wzbogaciło się o bardzo precyzyjny mikrokalorymetr służący do badań materiałów polimerowych, dla Laboratorium Radiospektroskopii zakupiono spektrometr magnetycznego rezonansu jądrowego z nadprzewodzącym magnesem do badania ciał stałych i cieczy w szerokim zakresie temperatur i częstotliwości, a Laboratorium Optoelektroniki dysponuje nowoczesnymi układami laserowymi do optycznego przetwarzania informacji, holografii optycznej i cyfrowej.

Akcelerator sprowadzony z Technicznego Uniwersytetu w Berlinie

Fot. archiwum

Ostatnim, a zarazem centralnym elementem projektu *eLBRUS*, stanowiącym o jego wyjątkowości i pozwalającym na połączenie w jedną całość badań prowadzonych we wszystkich laboratoriach, jest rozbudowa Laboratorium Fizyki Jądrowej i Medycznej, dzięki zakupowi prototypowego akceleratora dostarczającego bardzo wysokie prądy lekkich jonów, przede wszystkim do badania niskoenergetycznych reakcji jądrowych, ale także pozwalającego na diagnostykę i modyfikację materii twardej i miękkiej (polimery) w nanoskali oraz na badanie wpływu promieniowania na materię ożywioną.

Wyposażenie systemu akceleratorowego w aparaturę umożliwiającą pracę w warunkach ultrawysokiej próżni sprawi, jak pokazały nasze pierwsze eksperymenty, że metody fizyki jądrowej mogą być połączone z metodami diagnostycznymi fizyki powierzchni, materii skondensowanej i optyki. Wzajemnie się uzupełniające metody badawcze różnych dziedzin fizyki umożliwią poprzez kompleksowość stosowanych rozwiązań stworzenie unikatowego w skali naszego regionu i całego kraju centrum badawczo-rozwojowego wspierającego innowacyjne technologie w takich dziedzinach, jak: poszukiwanie alternatywnych źródeł energii, tworzenie nowych tzw. inteligentnych materiałów i leków, rozwój nowych metod radioterapeutycznych w walce z chorobą nowotworową.

Na podkreślenie zasługuje również szczególna rola, jaka przypada projektowi *eLBRUS* w edukacji wysokiej klasy specjalistów energetyki jądrowej i nanotechnologii.

Instytut Fizyki US bierze czynny udział w Polskim Programie Jądrowym koordynowanym przez Ministerstwo Gospodarki, celem którego, oprócz specyficznych zadań badawczych, jest przede wszystkim przygotowanie przyszłych kadr dla pierwszych polskich elektrowni jądrowych i stworzenie podwalin dla powstającego przemysłu jądrowego.

Ponadto rozwój aparatury badawczej umożliwi wzbogacenie programu edukacyjnego dla studentów nowo otwartej specjalności na studiach fizyki US: fizyka materiałów i nanotechnologia.

Akcelerator z ultrawysoką próżnią

Na potrzeby Laboratorium Fizyki Jądrowej i Medycznej budowany jest prototypowy i unikatowy na skalę światową system akceleratora lekkich jonów. Konstrukcji urządzenia podjęło się konsorcjum polsko-niemieckie utworzone przez specjalizujące się w różnych elementach powstającego systemu firmy Prevac i Dreebit.

W skład produkowanego układu eksperymentalnego będzie wchodził akcelerator lekkich jonów ze źródłem jonów i systemem transportu wiązki oraz komory rozproszeń wraz z niezbędnymi urządzeniami pomocniczymi i oprogramowaniem niezbędnym do sterowania systemem i akwizycją danych.

Przewidywany termin dostarczenia całego układu i przeprowadzenia pierwszych testów to maj 2014 r.

Przy planowanych eksperymentach z zakresu astrofizyki jądrowej bardzo ważnym czynnikiem

Podpisanie umowy z Instytutem Fizyki Plazmy im. Maxa Plancka w Greifswaldzie. Od lewej: JM prof. Edward Włodarczyk, rektor Uniwersytetu Szczecińskiego, prof. dr Thomas Klinger, dyrektor Instytutu i dr hab. Konrad Czerski, prof. US

Fot. Jerzy Giedrys

są własności źródła jonów. Minimalne parametry postawione inżynierom wymusiły skonstruowanie zupełnie nowego typu źródła ECR (działającego na zasadzie cyklotronowego rezonansu elektronowego). Badanie reakcji jądrowych, które zachodzą z bardzo małym prawdopodobieństwem, wymaga wysokiego natężenia prądu wiązki (ok. 10 mA) oraz precyzyjnego określenia energii (<10 eV). Pomiary tego typu są czasochłonne, a w związku z tym wymuszają doskonałą stabilność i energooszczędność źródła jonów.

Komora tarczowa, w której dochodzi do zderzeń przyspieszonych w akceleratorze jonów, jest kluczowym elementem każdego eksperymentu. Istotną właściwością tego systemu jest oczywiście wyposażenie komory, a także właściwości konstrukcyjne. Materiał, z jakiego zbudowana jest ta część układu, to tak zwany mi-metal, czyli specjalna stal ekranująca pola elektromagnetyczne, co eliminuje ich niepożądany wpływ, mogący w pewnym stopniu zaburzyć otrzymywane wyniki. Dokładne położenie tarczy zapewni system manipulatorów wraz z laserowymi pozycjonowaniem.

Bardzo ważnym aspektem planowanych eksperymentów jest zachowanie ekstremalnie czystej powierzchni metalowej tarczy targetowej. Warunek ten będzie możliwy do spełnienia poprzez zapewnienie w komorze tarczowej bardzo niskiego ciśnienia, tzw. ultrawysokiej próżni (UHV), za co będzie odpowiadał dyferencyjny system pomp próżniowych. Zapewni on ciśnienie 10-11 mbar (czyli 14 rzędów wielkości mniejsze niż ciśnienie atmosferyczne) i pozwoli prowadzić eksperymenty przez wiele godzin bez konieczności czyszczenia tarczy.

Bardzo bogate wyposażenie komory umożliwi prowadzenie badań w szerokim zakresie. Najnowsze metody wykorzystywane w fizyce jądrowej oraz fizyce ciała stałego zapewnią dużą uniwersalność systemu, przy jednoczesnym zachowaniu najwyższej dokładności. Działo jonowe pozwoli na implantację innych pierwiastków lub przy zastosowaniu gazów szlachetnych (w naszym wypadku np. argonu) pozwoli oczyścić tarczę z gromadzących się na jej powierzchni atomów. Detektor elektronów wraz z działem elektronowym umożliwią określenie metodą czasu przelotu, spektroskopii XPS (*X-ray photoelectron spectroscopy*) oraz Augera skład chemiczny powierzchni tarczy.

Metoda ta daje tak dobrą rozdzielczość, że możliwe jest wykrycie atomów w ilości dużo mniejszej niż pojedyncza warstwa monoatomowa na powierzchni targetu.

Kolejną metodą spektroskopii, którą umożliwi układ, jest spektroskopia masowa, dzięki której możliwe będzie kontrolowanie stosunków ilościowych implantowanych jonów do sieci krystalicznej.

Dodatkowo możliwość napylania cienkich warstw (nawet monoatomowych) powiększa w znacznym stopniu potencjał laboratoriów *eLBRUS*, co w połączeniu z innymi metodami diagnostycznymi otwiera drogę do rozwoju w dziedzinach fizyki materiałów i nanotechnologii.

Koncepcja Laboratorium Fizyki Jądrowej i Medycznej

Laboratorium Fizyki Jądrowej i Medycznej działa w ramach Zakładu o takiej samej nazwie jako część Instytutu Fizyki US. Nowo konstruowany akcelerator wraz z komorą tarczową w uzupełnieniu z już istniejącym wyposażeniem oraz innymi laboratoriami projektu *eLBRUS* umożliwi badania w różnych dziedzinach fizyki i techniki.

Astrofizyka jądrowa

Reakcje fuzji deuteronów w środowiskach metalowych stanowią doskonały model do badania plazmy gwiazdowej w warunkach laboratoryjnych. Badanie tych reakcji stanowi wspólny problem takich gałęzi fizyki, jak fizyka jądrowa, atomowa i molekularna, plazmy, ciała stałego oraz astrofizyka.

Z punktu widzenia fizyki klasycznej zajście reakcji jądrowej między dwoma cząstkami naładowanymi jest możliwe tylko wtedy, gdy te przezwyciężą wzajemne odpychanie kulombowskie. Klasycznie – padająca cząstka o energii niższej niż bariera potencjału nie jest w stanie zainicjować reakcji. Jednak mechanika kwantowa pozwala nam stwierdzić z pewnym prawdopodobieństwem znalezienie tej cząstki po drugiej stronie bariery. Kiedy reakcja jądrowa między dwoma cząstkami naładowanymi zachodzi w pewnym środowisku, obecność elektronów tego środowiska modyfikuje odpychający potencjał kulombowski, redukując jego wysokość i szerokość. Mówimy wtedy o ekranowaniu bariery przez elektrony środowiska, w którym reakcja zachodzi. Dla cząstki padającej o wysokiej energii taka zmiana rozmiaru bariery nie ma znaczenia. Inaczej jest w sytuacji, gdy energia padającej cząstki jest niska. Wtedy ekranowanie staje się bardzo istotne i powoduje zwiększenie prawdopodobieństwa przejścia przez barierę.

Niestety, na podstawie dzisiejszego stanu wiedzy na temat ekranowania nie jesteśmy w stanie jednoznacznie stwierdzić, czy jest to zjawisko związane z charakterystyką plazmy, czy wynika z zastosowania w naszych modelach środowisk metalowych.

Wynikający z badań efekt ekranowania może powodować wzrost wydajności reakcji zachodzących w białych i brązowych karłach czy gazowych olbrzymach. Badania te dowiodły także, iż zjawisko ekranowania powinno zostać uwzględnione w symulacjach wybuchów supernowych, przy określaniu warunków zapłonu.

W ramach planowanych do rozpoczęcia badań w Laboratorium Fizyki Jądrowej i Medycznej ekranowanie elektronowe będzie badane dla najniższych, jak dotąd, energii, tj. poniżej 1 keV. Osiągnięcie tak niskich energii jest nie lada wyzwaniem, gdyż wydajność reakcji jądrowych przy tak niskich energiach pocisków jest wyjątkowo niska, a to powoduje dodatkową trudność w prowadzeniu już i tak skomplikowanych pomiarów.

Z technicznego punktu widzenia badania reakcji jądrowych między cząstkami naładowanymi prowadzone są z wykorzystaniem akceleratora liniowego.

Akcelerator nie jest urządzeniem uniwersalnym, np. akcelerator przeznaczony do przyspieszania cząstek lekkich nie może być wykorzystany do przyspieszania ciężkich jonów. Ze względu na to, że badania prowadzone w Laboratorium Fizyki Jądrowej i Medycznej są istotne dla rozumienia gęstej plazmy gwiazdowej, szczególna uwaga zostanie poświęcona niskim energiom (~1 keV), które odpowiadają zainteresowaniu astrofizyków jądrowych.

Nowy system akceleratorowy, który niedługo zostanie zainstalowany w Laboratorium Fizyki Jądrowej i Medycznej, będzie dedykowany tego typu eksperymentom. Prowadzone badania będą unikatowe ze względu na wykorzystanie najnowszych technik fizyki jądrowej, a także technik zapożyczonych z dziedzin sąsiednich, jak fizyka: atomowa, powierzchni, materiałów.

Nanotechnologia

Nowy układ akceleratorowy będzie mógł być wykorzystywany także do badań powierzchni, struktury krystalicznej i składu chemicznego bardzo cienkich warstw, co stanowi element badań nanotechnologicznych w poszukiwaniu nowych materiałów o unikatowych właściwościach fizykochemicznych, do czego przydatne będą różne systemy diagnostyczne, jak już wspomniane wyżej – spektroskopia elektronów Auger czy też XPS. Układy te będą mogły pracować we współpracy z akceleratorem bądź też samodzielnie.

Liczymy również na zewnętrzne zlecenia składane przez przedsiębiorstwa zainteresowane zaawansowaną diagnostyką materiałów.

Korzystając z wiązki lekkich jonów, będziemy również w stanie wytwarzać nanostruktury na powierzchniach różnych materiałów, korzystając m.in. ze znanych technik implantacyjnych i domieszkowania materiałów, polegających na wprowadzaniu obcych jonów do sieci krystalicznej materiału.

Fizyka medyczna

Mechanizmy oddziaływania promieniowania jonizującego z materią twardą (metale, materiały krystaliczne), jak i miękką (polimery), a także z ożywioną (próbki aktywne biologicznie) są bardzo podobne. Stąd jednym z kierunków rozwoju Zakładu i Laboratorium Fizyki Jądrowej i Medycznej jest badanie skutków biologicznych małych dawek promieniowania, którego efekty są ciągle jeszcze nie do końca poznane. W szczególności zajmujemy się poznaniem mechanizmu reperacji komórkowej, badając aberracje chromosomów powstałe w wyniku naświetlań.

W przyszłości planowane są eksperymenty z neutronami, które będą produkowane w reakcjach jądrowych przy użyciu nowego akceleratora.

Nowe źródła energii

Reakcje jądrowe to również źródło energii, które powinno być bezpieczne, przyjazne dla środowiska i efektywne, tym samym obniżając ceny produkowanej elektryczności.

W naszym zespole prowadzone są bardzo zaawansowane badania nad dwoma typami jądrowych źródeł energii, wykorzystujących zarówno fuzję, jak i rozszczepienie jądrowe.

Ekranowanie elektronowe, które obserwujemy w niskoenergetycznych reakcjach jądrowych, może wzmocnić reakcję fuzji (podobnie jak ma to miejsce we wnętrzu gwiazd) nawet o wiele rzędów wielkości. Stąd badanie takich efektów może doprowadzić do redukcji temperatury plazmy w przyszłych reaktorach termojądrowych, ograniczając tym samym koszty uzyskania energii.

Nie bez znaczenia są również badania materiałów, które muszą być odporne na wysokie temperatury i efekty korozyjne w warunkach intensywnej radiacji. Problemy tego rodzaju są wspólne także dla reaktorów jądrowych wykorzystujących reakcje rozszczepienia jądrowego.

Wydaje się, że zastosowania praktyczne tych badań nie są tak odległe w czasie. Ostatnio członkowie Instytutu Fizyki Jądrowej w Ciele Stałym z Berlina i Zakładu Fizyki Jądrowej i Medycznej Uniwersytetu Szczecińskiego opatentowali nową koncepcję reaktora jądrowego, Dual Fluid Reactor, w którym zarówno paliwo (sole uranowe), jak i chłodziwo (ciekły ołów) byłyby płynne. Temperatura pracy takiego reaktora wynosiłaby około 900 do 1000°C, co dawałoby możliwość produkcji wodoru, a przez to np. paliwa dla silników spalinowych po cenach niższych niż obecnie płacimy za benzynę. Reaktor taki byłby inherentnie bezpieczny, co oznacza, że nawet w przypadku braku zasilania zewnętrznego nie doszłoby do żadnej awarii. Ceny energii elektrycznej byłyby przynajmniej sześciokrotnie niższe niż te osiągane w najbardziej opłacalnych elektrowniach węglowych.

Współpraca naukowa

Osiągnięcia naukowo-badawcze oraz prowadzona w ramach projektu *eLBRUS* współpraca z innymi instytutami i przedsiębiorstwami, mająca na celu wprowadzenie innowacyjnych technik, będą weryfikowane przez następne pięć lat. Ich efekt będzie potwierdzeniem trafności inwestycji w wysokości 10 mln złotych

LUNA

W przypadku Laboratorium Fizyki Jądrowej i Medycznej nowo zakupiona aparatura umożliwi rozwój współpracy naukowej z międzynarodowymi grupami badawczymi w wielu dziedzinach, czego przykładem jest kooperacja z podziemnym Laboratori Nazionali del Gran Sasso (Włochy), w ramach rozpoczętego już projektu LUNA MV.

Jego celem jest badanie kluczowych dla astrofizyki jądrowej reakcji, które zachodziły w czasie formowania się naszego Układu Słonecznego, a także później, w czasie powstawania planet i gwiazd. W kręgu zainteresowań uczonych są również reakcje kontrolujące wytwarzanie energii w gwiazdach. W projekcie tym biorą udział uczeni z wielu krajów Europy i Azji, a także przedstawiciele Stanów Zjed-

noczonych i Izraela. Będzie to nowe eksperymentalne podejście do badań reakcji jądrowych z wykorzystaniem najnowszych technik pomiarowych i szerokiej wiedzy specjalistów z całego świata. Uniwersytet Szczeciński uczestniczy w prowadzonych badaniach naukowych już na etapie planowania eksperymentów.

Wspólne badania naukowe, poprzedzone konstruowaniem nowego systemu doświadczalnego, rozpoczną się prawdopodobnie w 2015 r. Współpraca ta umożliwi wymianę zasobów ludzkich, wiedzy i doświadczeń wielu jednostek naukowych.

Współpraca z Instytutem Fizyki Plazmy im. Maxa Plancka w Greifswaldzie

Następnym przykładem jest podjęcie współpracy z niemieckim Instytutem Fizyki Plazmy im. Maxa Plancka mieszczącym się w Greifswaldzie, w którym zbudowane zostało (przy bardzo dużym udziale polskich instytucji) urządzenie nazywane stelleratorem, służące do badania fuzji jądrowej w warunkach wysokotemperaturowej plazmy. Będzie to urządzenie największe tego typu na świecie przez następne piętnaście lat, kiedy to pierwowzór przyszłego reaktora termojądrowego, dający po raz pierwszy zyski energetyczne, zostanie zbudowany we Francji.

W dniu 22 listopada 2013 roku prof. dr hab. Edward Włodarczyk, rektor Uniwersytetu Szczecińskiego, podpisał z przedstawicielami Instytutu w Greifswaldzie umowę o współpracy, która da podstawę do wspólnych badań naukowych oraz wymiany naukowców, doktorantów i studentów obu jednostek.

Fizyka medyczna

Badania w fizyce medycznej, obejmujące przede wszystkim poznanie skutków biologicznych promieniowania jonizującego działającego na poszczególne komórki, były prowadzone od samego początku w ścisłej współpracy z Zachodniopomorskim Centrum Onkologicznym i Pomorskim Uniwersytetem Medycznym w Szczecinie.

Wyniki okazały się na tyle interesujące, że zaproszono naszą grupę do współpracy w badaniach nad radioterapią hadronową, prowadzoną przez Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, gdzie wybudowano ostatnio nowy cyklotron i pierwsze stanowiska terapeutyczne w Polsce.

Wspólne badania przeprowadza się również w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej, gdzie prowadzone są naświetlania próbek biologicznych wysokoenergetycznymi protonami.

Reaktor

Badania nad nowymi jądrowymi źródłami energii prowadzone są we współpracy z Technicznym Uniwersytetem w Berlinie (Niemcy) i Instytutem Fizyki Jądrowej w Ciele Stałym również w Berlinie, z którymi już od wielu lat istnieją oficjalne umowy o współpracy. Dzięki prowadzonym badaniom zdobyto także pierwsze kontakty z partnerami przemysłowymi, którzy w przyszłości zamierzają wspierać nasze badania i komercjalizację naszych idei. W najbliższym czasie oczekujemy podpisania pierwszych oficjalnych umów w tej sprawie.

Podsumowanie

Projekt *eLBRUS* dał unikatową możliwość rozbudowania laboratoriów Instytutu Fizyki US. Ogólne koszty inwestycji wynoszą nieco ponad 10 mln zł, z czego wkład własny Uniwersytetu Szczecińskiego to zaledwie kilka procent. Koszty udziału własnego zostały naszej uczelni niejako już zwrócone w postaci narzutu nakładanego na projekty badawcze finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

A przecież to dopiero początek – w zamyśle projektu *eLBRUS* grupy badawcze będą miały możliwość kontaktu, wymiany doświadczeń i dobrych praktyk z regionalnymi i krajowymi instytucjami otoczenia biznesu, takimi jak parki naukowe, technologiczne, przemysłowe oraz inkubatory technologiczne.

Wykorzystanie nowoczesnych urządzeń badawczych uzyskanych dzięki realizacji projektu *eLBRUS* daje szansę na prowadzenie wspólnej pracy badawczej z centrami doskonałości czy specjalistycznymi polskimi i zagranicznymi ośrodkami badawczymi, jak też z innymi jednostkami naukowymi, które za swój cel stawiają sobie pobudzenie rozwoju gospodarczego oraz rozwój innowacyjnych przedsiębiorstw opartych na wykorzystaniu tzw. czystych i wysokich technologii.

Dzięki zakupowi nowej aparatury badawczej nasze laboratoria stanowić będą również zaplecze (także doradcze) działające w systemie *non-profit* dla sektora przedsiębiorstw wysokiej technologii, oferujące zewnętrznym zleceniodawcom swe wysoko specjalistyczne usługi.

Z drugiej strony nowoczesna i unikatowa w skali kraju i Europy infrastruktura badawcza oraz potencjał naukowy uczelni będą przekonującym argumentem dla innych prężnych ośrodków zainteresowanych prowadzeniem wspólnych prac naukowych i dydaktycznych na światowym poziomie.

Szczególnie należy podkreślić możliwości dalszego rozwoju współpracy w ramach Euroregionu Pomerania i regionu Berlin-Brandenburgia.

Badania podstawowe i te o charakterze bardziej praktycznym będą wzajemnie się uzupełniać, dając także efekty w sferze edukacyjnej, podnosząc nie tylko poziom nauczania, ale również liczbę studentów zainteresowanych naukami ścisłymi.

---

[1] Według danych zawartych w raporcie *Nauka w Polsce*, wydanym przez MNiSW (http://obywatelenauki.pl/wp-content/uploads/2013/03/Raport_Nauka_w_Polsce_2013-03-13.pdf), pod względem liczby pracowników naukowych na jednego mieszkańca nasze województwo plasuje się w okolicach średniej krajowej, natomiast jeśli chodzi o przyznane środki finansowe, znajdujemy się na końcu stawki.

[2] Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg to region stolicy Niemiec i sąsiadującej z nią Brandenburgii.