

OD MEZONÓW DO TOMOGRAFII



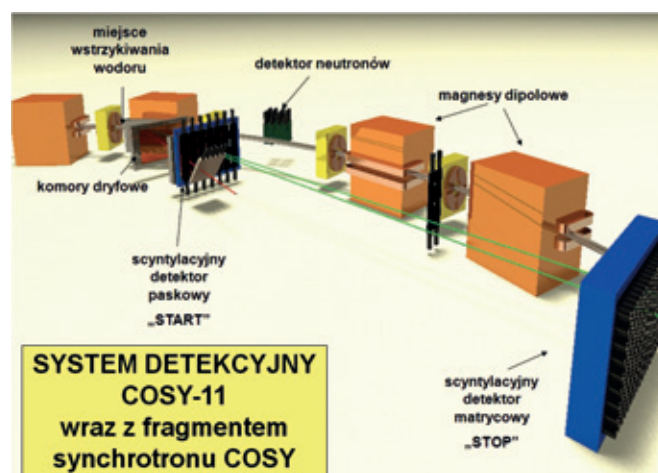
Mezony to cząstki, które zbudowane są z materii i antymaterii. Powstają w wyniku oddziaływania promieniowania kosmicznego z jądrami atomów w atmosferze. Materia i antymateria wewnątrz mezonów prawie natychmiast anihilują i mezon rozpada się na lżejsze cząstki lub zamienia się na energię w postaci światła.

Badanie mechanizmu wytwarzania i rozpadania się mezonów stanowi dziedzinę mojej aktywności naukowej od prawie dwudziestu lat, kiedy to w ramach pracy magisterskiej po raz pierwszy wyjechałem do Centrum Badawczego Juelich w Niemczech. Pierwotnym celem wizyty miało być opracowanie metody testowania nowego detektora cząstek, który miał być zbudowany z dużej płyty scyntylacyjnej otoczonej dookoła „matrycą” fotopowielaczy, czyli urządzeń zamieniających impulsy świetlne generowane przez cząstki przelatujące przez scyntylator na impulsy elektryczne. Okazało się jednak, że detektor ten testuje już magistrant Magnus Wolke z Monasteru (obecnie szef ponad 200-osobowego zespołu badającego stopień zachowania różnego rodzaju symetrii w przyrodzie poprzez badanie rozpadów mezonów). Po zapoznaniu się z możliwościami tamtejszych laboratoriów znalazłem sobie również ciekawy obszar działania i postanowiłem zająć się badaniem właściwości pasków scyntylacyjnych pod kątem użycia ich do pomiarów prędkości cząstek, które mieliśmy rejestrować w przygotowywanym eksperymencie.

Testowany przeze mnie detektor miał dawać sygnał wywołający pomiar czasu przelatującej cząstki, a impuls z detektora Magnusa odmierzało czas zatrzymywaliśmy. Detektory te (zaznaczone na rysunku 1 jako start i stop) stanowiły część większego systemu detek-

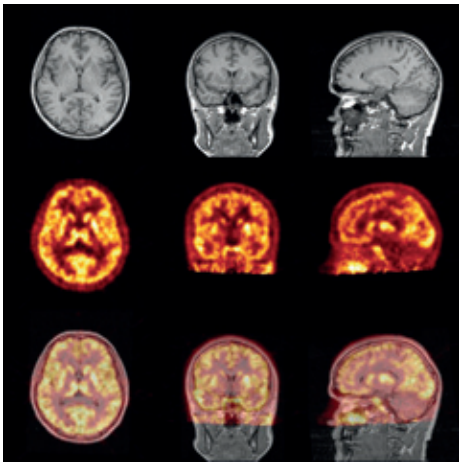
cyjnego, który przez ponad dziesięć lat służył nam do badania struktury mezonów, poszukiwania nowego rodzaju materii jądrowej w postaci tzw. jąder mezonowych, poszukiwania domieszek materii składającej się z samych kwantów oddziaływania silnego (czyli gluonów) i wielu innych fascynujących zjawisk. Widoczne na rysunku cztery duże pomarańczowe prostokąty przedstawiają magnesy dipolowe stanowiące fragment pierścienia, w którym protony krążące z szybkością bliską szybkości światła wytwarzają mezony w zderzeniach z jądrami wodoru wstrzykiwanego do jono-

Synchrotron COSY jest jednym z wielu laboratoriów Centrum Badawczego Juelich, które jest obecnie największym interdyscyplinarnym centrum badawczym w Europie. Jedną z wielu rozwijanych tam dziedzin jest medycyna nuklearna. W trakcie zwiedzania ośrod-



Rysunek 1. Część pierścienia synchrotronu COSY wraz z układem detekcyjnym COSY-11. System detekcyjny COSY-11 został zaprojektowany i zbudowany w dużej mierze w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. Synchrotron protonowy COSY znajduje się w Centrum Badawczym Juelich nieopodal Akwizgranu.

ka z dziećmi podczas dnia „otwartych drzwi” wstąpiliśmy do instytutu medycyny, gdzie – jak się okazało – prowadzone są badania mózgu za pomocą zarówno Magnetycznego Rezonansu Jądrowego (NMR) jak i Pozytonowej Emisyjnej Tomografii (PET). Funkcjonowaniem mózgu na poziomie popularnonaukowym interesowałem się od wielu lat



Rysunek 2. Rozkład gęstości receptorów adenozynowych A1 w moim mózgu w dniu 05.12.2002. Pokazane są przekroje: poprzeczny (lewa kolumna), czołowy (środkowa kolumna) oraz strzałkowy (prawa kolumna). Im jaśniejsze barwy tym większe stężenie. Górny rząd przedstawia obrazy wykonane techniką NMR, środkowy – techniką PET, a dolny jest nałożeniem obu obrazów.

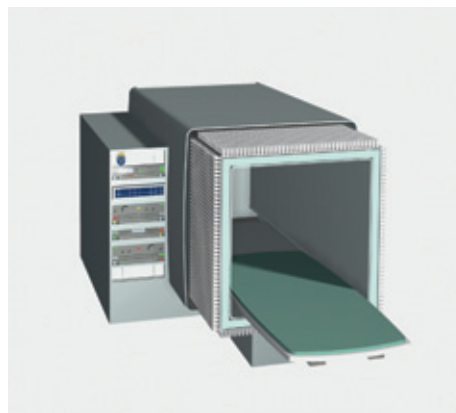
czytając dla przyjemności pojawiające się na ten temat książki. Pomyślałem wtedy, że byłoby świetnie móc zrobić sobie tomograficzny obraz swojego mózgu. W trakcie zwiedzania okazało się, że poszukiwani są ochotnicy do badań, których celem było lepsze zrozumienie zaburzeń centralnego układu nerwowego. Wpisałem się więc na listę ochotników. Już po około miesiącu otrzymałem e-mail z prośbą o zgodę na zrobienie zdjęcia tomograficznego. Było ono niezbędne dla porównania wyników badań zdrowych osób z osobami z zaburzeniami ruchowymi wywołanymi chorobą Parkinsona. Przedmiotem badań był rozkład gęstości receptorów adenozynowych A1. Badania wymagały nieco poświęceń ponieważ już dzień wcześniej musiałem zaprzestać picia kawy, ze względu na to, że molekuly adenyzy są podobne do cząsteczek kofeiny, które podobno blokują receptory adenozynowe w mózgu. Na dodatek w Pozytonowej Emisyjnej Tomografii radiofarmaceutyk podaje się pacjentowi dożylnie, czego, z jakichś niezrozumiałych ogólnie powodów, unikam jak ognia. Po około 90 minutach badań tomografem PET wzięto mnie jeszcze do sali obok i zrobiono mi obraz tomograficzny mózgu metodą magnetycznego rezonansu jądrowego.

Z przeprowadzonych badań otrzymałem na pamiętkę zdjęcia pokazane na rysunku 2. Tomografia PET pozwala na otrzymanie rozkładu gęstości używanego przez pacjenta radiofarmaceutyku z rozdzielczością kilku milimetrów, natomiast NMR pozwala na znacznie dokładniejsze zbadanie kształtu organów. Dlatego połączenie tych metod pozwala lekarzom dokładnie określić gdzie, kiedy i w jakim stężeniu dana substancja gromadziła się w organizmie. Możliwości tamtejszego laboratorium robiły na mnie wrażenie. Warto wspomnieć, że od 2008 roku instytut ten posiada jeden z czterech tomo-

grafów, które jednocześnie wytwarzają obraz techniką PET i NMR, a od 2009 także jedyny na świecie taki łączony tomograf z polem magnetycznym trzy razy większym niż stosowane do tej pory.

Nie wiem czy tak naprawdę było, ale być może w czasie tych badań po raz pierwszy zrodziła się myśl, czy przypadkiem nie byłoby jakichś zalet z zastosowania do tomografii detektorów w rodzaju, które używamy w eksperymentach na synchrotronie COSY. W końcu pozyton z elektronem w ciele pacjenta tworzą na krótką chwilę układ zwany pozytonium, który (będąc podobnie jak mezony obiektem zbudowanym z materii i antymaterii) prawie natychmiast anihiluje zamieniając się w kwanty promieniowania. Wylatują one z pacjenta do detektorów i na podstawie kierunku ich lotu rekonstruowany jest obraz tomograficzny. **W każdym razie ogólny zarys koncepcji tomografu paskowego i matrycowego (koncepcja matrycowego znajduje się na rysunku 3) udało mi się opracować właśnie wtedy, w Centrum Badawczym Juelich, w czasie mojego stażu podoktorskiego w latach 2001-2003.**

Miałem wówczas mylne wrażenia, że obie te metody stanowią już rutynowe narzędzia w szpitalach. Jednak po powrocie do Krakowa, przy okazji wypadku mojej żony w 2004 roku, gdy leżała nieprzytomna w jednym ze szpitali, okazało się, że nie ma tam możliwości zrobienia badań tomografem. Szpitale krakowskie posiadały wtedy tylko jeden NMR, nie dysponując żadnym urządzeniem PET. **Wtedy za-**

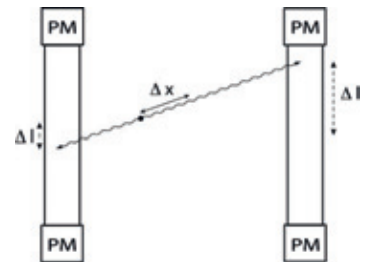


Rysunek 3. Trójwymiarowy model tomografu matrycowego PET według wynalazku UJ.

cząłem nieco bardziej na serio opracowywać obie koncepcje, które jak sądzę dają szansę na zbudowanie tomografu PET znacznie taniej, bo na bazie scyntylatorów polimerowych zamiast bardzo drogich kryształów nieorganicznych. Obszar tych badań wydał mi się niesłychanie interesujący i dający duży potencjał badań mogących się przekładać na realne efekty w codziennym życiu. Wydało mi się, że ten temat może być także interesujący dla innych, zwłaszcza młodych badaczy.

Jako pierwszy krok, żeby zapoznać nieco młodych ludzi lepiej z tą dziedziną, uruchomiliśmy w ramach zajęć Pracowni Fizycznej ćwiczenie

ilustrujące działanie tomografu PET na przykładzie modelu liniowego. Ćwiczenie chyba spodobało się studentom, ponieważ chętnie je wykonują i często przedstawiają je na corocznej sesji plakatowej. Ogólną koncepcję to-



Rysunek 4. Schemat dwumodułowego tomografu paskowego PET. Kropką oznaczone jest miejsce anihilacji pozytonu z elektronem, zaś PM oznacza fotopowielacze.

mografu PET z wykorzystaniem pasków scyntylatora polimerowego przedstawia rysunek 4. Miejsce uderzenia kwantu gamma (kluczowe w rekonstrukcji obrazu) w stosunku do środka scyntylatora (Δl) wyznacza się w oparciu o różnicę czasów mierzonych na obu końcach paska, a miejsce anihilacji wzdłuż linii lotu kwantów gamma (Δx) wyznacza się na podstawie różnicy czasów uderzenia kwantów gamma w moduły.

Do kwestii realizacji moich pomysłów powróciłem dopiero w lecie 2008, po rozmowie z dr inż. Gabriłą Konopką-Cupiał i Maciejem Czarnikiem. Dzięki bardzo sprawnym działaniom CITTRU (uniwersyteckiego centrum transferu technologii) opracowanie patentów nabrało tempa, a konieczność sformułowania racjonalnych argumentów, które przemawiały za nowym rozwiązaniem, pozwoliła mi przekonać samego siebie, że rozwiązania te mają dużą szansę na skuteczne urzeczywistnienie. **To był początek – teraz jesteśmy w trakcie budowania w laboratorium Instytutu Fizyki dwumodułowego prototypu tomografu paskowego. Jeśli testy tego miniaturowego urządzenia potwierdzą założenia dotyczące konstrukcji i zasad działania tomografu, kolejnym etapem będzie optymalizacja i budowa drugiego urządzenia o rzeczywistych wymiarach, co pozwoli na ostateczne przygotowanie nowego PET do wdrożenia.**

KONTAKT

prof. dr hab. Paweł Moskal
Wydział Fizyki, Astronomii
i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Jagielloński
E-MAIL: ufmoskal@google.mail.com