

Recenzja monografii

Targets for accelerator-based nuclear research

oraz ocena dorobku naukowego

dr Anny Stolarz

Badania eksperymentalne z dziedziny fizyki jądrowej, a w szczególności te, które dotyczą reakcji jądrowych, realizowane są najczęściej poprzez analizę rezultatów zderzeń typu wiązka-tarcza. Wiązkę stanowią cząstki naładowane lub jądra atomowe przyspieszone do określonej energii w różnego typu akceleratorach, a tarcza jest materiałem o ściśle określonych właściwościach. Własności wiązki i tarczy określają stan początkowy badanej reakcji, odgrywają więc zasadniczą rolę, dotycząc zarówno fizyki badanego procesu, jak i techniki prowadzenia pomiarów i analizy otrzymanych danych.

Fizyka i technika akceleracji cząstek, prowadzenie i ogniskowanie wiązki oraz związana z tym optyka magnetyczna, stanowi dobrze określony dział wiedzy, będąc przedmiotem badań, edukacji i konferencji naukowych. Rola tarczy jako obiektu, którego skład chemiczny oraz izotopowy, własności fizyczne, w tym mechaniczne, termiczne i wiele innych - mogą mieć istotny wpływ na wyniki pomiarów, jest równie ważna jak własności wiązki i powinna być równie precyzyjnie zdefiniowana i eksperymentalnie wyznaczona. Właśnie tym zagadnieniom poświęcona jest monografia stanowiąca podstawę oceny w recenzowanym tu przewodzie habilitacyjnym.

Autorka rozpoczyna tekst monografii od historycznego wstępu, gdzie przypomina doświadczenia Rutherforda z 1911 roku, w którym zidentyfikował on jądro atomowe w tarczy wykonanej ze złota o grubości liczonej w częściach mikrometra. Będąc pociskami cząstki alfa były wtedy emitowane przez naturalne źródło promieniotwórcze. Erę akceleratorów zapoczątkowało skonstruowanie elektrostatycznego akceleratora przez Cockcrofta i Waltona oraz cyklotronu, którego konstruktorem był Ernest Lawrence. Postępowi w dziedzinie otrzymywania wiązek towarzyszył rozwój różnorodnych form tarcz, co zaowocowało także rozwojem współpracy w tej dziedzinie i powstaniem w 1975 roku Międzynarodowego Towarzystwa Rozwoju Tarcz Jądrowych (International Nuclear Target Development Society, INTDS)

Kolejne rozdziały monografii, to szczegółowa dyskusja różnorodnych zagadnień dotyczących tarcz stosowanych w fizyce jądrowej i innych dziedzinach nauki i techniki. Na początku przedstawione są charakteryzujące tarcze parametry: ich postać (stałe, ciekłe gazowe), kształty, rozmiary, skład chemiczny i izotopowy, własności mechaniczne, sposób mocowania, metody produkcji (mechaniczne, fizyczne, chemiczne) itd. Następnie omówione są metody sporządzania tarcz oraz problemy techniczne z tym procesem związane. Dobór parametrów tarczy stanowi element przygotowania eksperymentu fizycznego. Chemiczna, a także izotopowa czystość tarczy jej rozmiary, grubość i jednorodność, to niezwykle istotne elementy przygotowania eksperymentu. Parametry tarczy optymalizowane są zwykle w celu uzyskania jak największej statystycznie objętości danych przy równoczesnym spełnieniu wymogów czystości

próbki, uniknięcia oddziaływań i rozprożeń wtórnych, co jest istotne dla zapewnienia możliwości jednoznacznej interpretacji otrzymywanych wyników pomiarowych.

W kolejnych rozdziałach omówione są bardziej szczegółowo metody sporządzania tarcz. W zależności od wymagań eksperymentu, gęstości powierzchniowe tarcz metalicznych wynoszą od ok. $1\mu\text{g}/\text{cm}^2$ do kilkudziesięciu mg/cm^2 . Jedną z często stosowanych metod otrzymywania tarcz o zadanej grubości jest walcowanie. Samo walcowanie jest tu jednak tylko końcowym etapem procesu. Przygotowanie materiału do walcowania jest bowiem prawdziwym „dziełem sztuki”, zawierając w sobie wiele pod-procesów np. podgrzewanie w próżni lub atmosferze wodoru, topienie, odparowywanie, kondensację, dyfuzję, elektrolizę itp. Właściwe wykonanie tych prac wymaga umiejętności zdobywanej poprzez doświadczenie.

Tarcze w postaci sproszkowanego materiału, sprasowanego następnie do postaci tabletki często samopodtrzymującej się i wytrzymującej wysokie temperatury, to kolejne dzieła wymagające specjalnych umiejętności i wprawy. Wśród procesów pośrednich wymienić można: topienie, spiekanie, osadzanie, suszenie, a także łączenie z organicznym spoiwem w celu nadania tarczy określonego kształtu, rozmiaru i grubości. Istotnym problemem w tej metodzie jest zapewnienie jednorodnej tarczy pod względem jej grubości.

Metoda osadzania materiału tarczy na określonym podłożu w warunkach próżni i w odpowiednio dobranej temperaturze należy do najczęściej stosowanych metod sporządzania tarcz. Wiele specyficznych cech tego procesu musi być jednak uwzględniane, by tarcza spełniała wymagania eksploatacyjne. Niektóre z nich wymagają optymalizacji, np. poprawa jednorodności wymaga zwiększania odległości od źródła, ale to z kolei zmniejsza wydajność osadzania. Ważną cechą jest to, że proces może być monitorowany, a grubość tarczy określana z dokładnością do ng/cm^2 . Oddzielnym zagadnieniem jest oddzielenie tarczy od podłoża, w przypadkach, kiedy to jest niezbędne.

Najważniejszymi parametrami tarczy, weryfikowanymi po jej wykonaniu, są: grubość, jednorodność grubości i jej zanieczyszczenia. Poza klasycznym pomiarem mechanicznym, np. poprzez ważenie, na uwagę zasługuje metoda strat jonizacyjnych cząstek alfa. Metoda ta może być zastosowana w szerokim zakresie grubości tarcz. Może też dostarczyć informacji o jednorodności tarczy poprzez skanowanie powierzchni skolimowanym strumieniem cząstek alfa.

W monografii omówiono także nietypowe rodzaje tarcz, albo pod względem ich specyficznych cech, albo ich nietypowego zastosowania. Do pierwszych należą tarcze w materiałach gazowych albo radioaktywnych, do drugich tarcze, które nie służą do badania zachodzących w nich reakcji, ale do zwiększania ładunku jonów poprzez „obdzieranie” z nich elektronów (stripping targets). Nietypowe zastosowanie i związane z tym specyficzne cechy mają także tarcze do celów badań radiobiologicznych. Zarówno przy ich produkcji jak i naświetlaniu muszą być zachowane warunki temperatury, ciśnienia, wilgotności i sterylności, które nie zniszczą biologicznych cech badanego materiału. Na koniec wspomniano także o tarczach do produkcji radioizotopów. Tarcze tego typu mogą być w różnych stanach skupienia i mają na ogół znacznie większą grubość od omawianych wcześniej tarcz. Powinny też umożliwiać szybką obróbkę po naświetlaniu w celu wydobycia materiału radioaktywnego.

Monografia jako całość stanowi kompendium wiedzy na temat jednego z bardzo istotnych zagadnień eksperymentalnej fizyki jądrowej. Dla pełnej kompletności można byłoby dodać jeszcze nieco informacji o zupełnie nietypowych „tarczach” jakimi są wiązki przeciwbieźne, gdzie ztraca się możliwość rozróżnienia pomiędzy wiązką i tarczą. Przy omawianiu cech tarcz można też byłoby wspomnieć o roli oddziaływań wtórnych w tarczy, co jest elementem istotnym przy określaniu jej optymalnej grubości. Byłoby ciekawe również znalezienie informacji o współczesnych trendach i programie przyszłego rozwoju tematyki „tarczowej” w międzynarodowej społeczności ekspertów tej dziedziny.

Monografia nie zawiera jednak zupełnie żadnej informacji o wkładzie autorki w rozwój omawianej tematyki, co wydaje się być świadomą jej decyzją. Ocena dorobku opierać się więc musi na załączonych informacjach dodatkowych, jakimi jest autoreferat, spis publikacji oraz informacja o różnych elementach jej działalności profesjonalnej.

Dopiero lektura tych informacji pozwala zobaczyć tematykę prezentowaną w monografii poprzez pryzmat działalności naukowej autorki. Pozwala zauważyć, że wiele prezentowanych elementów i w ogóle rozwój tej tematyki odbywał się z jej istotnym udziałem. Pozwala zrozumieć, że nie bez powodu powierzono jej funkcję przewodniczącej wspomnianego już tu Międzynarodowego Towarzystwa Rozwoju Tarcz Jądrowych (International Nuclear Target Development Society, INTDS, zob. <http://www.intds.org/>).

Wstępne przygotowanie do zagadnień oddziaływania promieniowania jonizującego na materiały miała już w latach siedemdziesiątych podczas pobytu w CERN, gdzie badała próbki różnych materiałów pod względem ich mechanicznej degradacji wskutek naświetlania promieniowaniem jonizującym. Wyniki jej badań zaowocowały modyfikacją przez producentów składu materiałów stosowanych na izolatory w akceleratorach wysokich energii.

Reakcje międzyfazowej wymiany izotopowej były przedmiotem jej pracy doktorskiej. Miała przy tym okazję poznać mechanizmy reakcji wymiany i ich ilościowy opis, a reakcje tego typu „leżą u podstaw chemicznych metod wzbogacania izotopów lekkich pierwiastków oraz są wykorzystywane do znakowania związków stosowanych w różnych dziedzinach np. w diagnostyce medycznej”. Prace te z pogranicza fizyki i chemii stanowiły kolejny krok w jej merytorycznym przygotowaniu do interdyscyplinarnej dziedziny, którą miała rozwijać w przyszłości.

Tematyką przygotowania tarcz dla eksperymentów fizyki jądrowej zajęła się wkrótce po uzyskaniu stopnia doktora tworząc specjalistyczną „pracownię tarczową” w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów UW (SLCJ). Pracownia funkcjonuje do dziś i jest jedyną tego typu pracownią przy ośrodku akceleratorowym w Polsce. Powstało w niej wiele różnorodnych tarcz do eksperymentów realizowanych w tym laboratorium i w ośrodkach zagranicznych. Ich produkcja wymagała niejednokrotnie rozwiązania wielu problemów z pogranicza fizyki, chemii, mechaniki, wysokich próżni i temperatur, wytrzymałości materiałów itd.

Wraz z rozwojem w SLCJ tematyki produkcji radioizotopów dla celów medycznych z pomocą akceleratorów pojawiły się nowe wyzwania dotyczące produkcji tarcz molibdenowych zapewniających wysoką wydajność produkcji technetu ^{99m}Tc i jego szybkiego wydzielenia. Projekt realizowany jest wraz z Ośrodkiem Radioizotopów POLATOM oraz Instytutem Chemii i Techniki Jądrowej uzyskując grant NCBiR. W ramach tego projektu jest odpowiedzialna właśnie za przygotowywanie tarcz dla celów medycznych.

Przeglądając dane statystyczne jej dorobku można uznać, że dorobek ten odpowiada wymaganiom stawianym samodzielnym pracownikom naukowym zarówno pod względem liczby publikacji jak i ich rangi oraz innych wskaźników oceny jakości dorobku, np. liczby cytowań.

Na podkreślenie zasługuje jeden fakt, który wymyka się statystyce. Jej prace dotyczące tematyki tarcz publikowane były głównie w Nuclear Instruments and Methods. W wielu innych publikacjach określa sama swój udział jako niewielki, np. (cytat z jej spisu publikacji) „P.Lubinski, A.Grochulska, T.von Egidy, K.Gulda, F.J.Hartmann, J.Jastrzebski, W.Kurcewicz, L.Pienkowski, A.Stolarz, A.Trzcinska *Gold fragmentation induced by stopped antiprotons*, Phys. Rev. C 66 (2002) 044616, Mój udział: 10 %, przygotowanie tarcz, współudział w pisaniu tekstu”. Jak dobrze wiadomo, ten dziesięcioprocentowy udział odgrywa zasadniczą rolę w powodzeniu lub porażce całego eksperymentu. W czasie pomiarów tarcza musi zachowywać zadane, często bardzo „wyśrubowane” parametry i nie ma prawa ulec

uszkodzeniu. Wyznaczenie tych parametrów, a następnie wykonanie tarcz o zadanych wartościach parametrów, wymaga często znajdowania kompromisu określającego ostatecznie wymagany czas pomiaru i jakość uzyskiwanej informacji fizycznej, ma też wpływ na dalszą analizę danych już po wykonaniu pomiarów i na końcowe wnioski fizyczne. W grę wchodzi tu zarówno elementy „żywej” fizyki eksperymentu, jak i techniczne aspekty przygotowania całości aparatury i wykonania pomiarów. Osoba odpowiedzialna za wykonanie tarcz musi orientować się w jednym i drugim.

Często nie zauważa się znaczenia tej roli, niekiedy jednak działania te zostają docenione. Przykładem może być nagroda nobla, którą otrzymał Carlo Rubbia za spektakularny rezultat w dziedzinie fizyki cząstek - odkrycie bozonów pośredniczących W i Z. Razem z nim nagrodę otrzymał też Simon van der Meer za, ..., przygotowanie „tarcz” do tych pomiarów. Były to wprawdzie tarcze naprawdę bardzo nietypowe – wiązki protonów i antyprotonów przyspieszane w akceleratorze SPS w CERN. Opracowana przez niego metoda „stochastycznego chłodzenia” umożliwiła prowadzenie obu wiązek i doprowadzanie do ich zderzeń, dzięki czemu możliwe było otrzymanie przełomowych dla fizyki rezultatów.

Oceniając całościowo monografię oraz dorobek naukowy pani dr Anny Stolarz należy zauważyć, że jedno i drugie dotyczy działalności o charakterze interdyscyplinarnym, chociaż ukierunkowanym w stronę fizyki i jej zastosowań. Rezultaty jej działalności doprowadziły do powstania unikalnej w skali kraju pracowni, a ona sama stała się w tej dziedzinie autorytetem w skali światowej. Utrzymuje żywe kontakty z wieloma ośrodkami zagranicznymi, a wyniki swych prac referuje na konferencjach międzynarodowych, w tym także jako referaty zaproszone. Organizuje konferencje, sympozja i sesje naukowe w kraju oraz uczestniczy w organizacji konferencji za granicą. Uczestniczy w realizacji projektów naukowych, krajowych i zagranicznych. Prowadzi zajęcia dydaktyczne dla studentów Uniwersytetu Warszawskiego i innych uczelni warszawskich, sprawuje opiekę nad pracami dyplomowymi, prowadzi zajęcia na międzynarodowych warsztatach specjalistycznych. Wszystko to charakteryzuje osobę, która ze wszech miar zasługuje na posiadanie możliwości prowadzenia samodzielnej działalności naukowej

Podsumowując: uważam, że recenzowana monografia oraz dorobek naukowy dr Anny Stolarz spełniają wszystkie wymagania stawiane w przewodach habilitacyjnych z zakresu fizyki.

Wnioskuje o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.



Jan Pluta