

prof. dr hab. Paweł Olko
Instytut Fizyki Jądrowej PAN
ul. Radzikowskiego 152
31-342 Kraków

Ocena dorobku naukowego dr Przemysława Adricha i jego rozprawy
habilitacyjnej zatytułowanej
***Formowanie wiązek elektronowych - Nowe koncepcje układów formowania
i rozwój metod ich projektowania w oparciu o narzędzia współczesnej fizyki
subatomowej***

Ocena rozprawy habilitacyjnej

Akceleratory cząstek naładowanych znajdują coraz powszechniejsze zastosowanie we współczesnej nauce, technice i medycynie. Mimo znacznego zaawansowania współczesnych rozwiązań trwa ciągle wyścig technologiczny nakierowany na opracowanie przyspieszaczy tańszych, bardziej wydajnych, wymagających łatwiejszej obsługi i zużywających mniej energii. Jednym z krytycznych elementów akceleratorów jest system formowania wiązki, który w znacznej mierze decyduje o jej parametrach i jakości. Dlatego tematyka badawcza przedstawiona w rozprawie habilitacyjnej pana dr Przemysława Adrich jest bardzo aktualna, również w związku z upowszechnieniem się metody Monte Carlo w obliczeniach transportu promieniowania.

Rozprawa habilitacyjna pana dr Adricha wydana została w formie starannie przygotowanej monografii Narodowego Centrum Badań Jądrowych. Całość rozprawy z sześcioma rozdziałami, bibliografią i podziękowaniami zawiera się na 150 stronach tekstu. Układ rozprawy jest przejrzysty i czytelny: po krótkim wprowadzeniu do tematyki, Autor przedstawił nową metodę projektowania systemu transportu i formowania wiązki z akceleratora elektronów. W przypadku analizowanych akceleratorów względy konstrukcyjne zadecydowały o wyborze pasywnego układu formowania wiązki a więc opartego o układ folii rozpraszających.

Optymalizacja taka jest zagadnieniem wieloparametrowym, gdyż zależy nie tylko od założeń konstrukcyjnych akceleratora ale i od wybranych parametrów jego pracy jak np. energia i prąd wiązki. Jednoczesna optymalizacja modelu wiązki w przestrzeni wieloparametrowej jest czasochłonna i może prowadzić do lokalnych minimów. Dlatego Autor zaprezentował najpierw sposoby redukcji liczby kilkunastu wolnych parametrów modelu, w szczególności dotyczących konstrukcji samego akceleratora. W konsekwencji, zasadniczą część pracy dotyczyła optymalizacji układu folii rozpraszających dla uzyskania maksymalnej mocy dawki i minimalnej płaskości jej rozkładu. Jako narzędzie obliczeniowe pan dr Adrich zastosował jeden z najbardziej zaawansowanych kodów transportu promieniowania GEANT4, opracowany pierwotnie dla symulacji eksperymentów w fizyce wysokiej energii a obecnie stosowany w wielu dziedzinach fizyki, techniki, biologii i medycyny. Przygotowane przez Autora interfejsy umożliwiły wygodne i wydajne zmiany danych wejściowych do kodu GEANT4, co w rezultacie umożliwiło wieloparametrową optymalizację układu.

Pierwsze zastosowanie nowej metody projektowania układu rozpraszającego dotyczyło akceleratora LILLYPUT 3 stosowanego do napromieniania dużymi dawkami promieniowania w celu badania zniszczeń radiacyjnych w materiałach stosowanych przy pracy przy dużym obciążeniu radiacyjnym. Ponieważ dla wspomnianej aplikacji moc dawki była parametrem najważniejszym, Autor zaproponował użycie tantalowej o grubości 10 μm jako folii

rozpraszającej, czyli warstwy trzykrotnie cieńszej niż sugerowana obliczeniami modelu metodą Kozlova-Shishova. Zoptymalizowano również parametry folii wyrównującej, zapewniając płaskość profilu dawki na poziomie 1%. Układ został zrealizowany w praktyce dla Wrocławskiego Parku Technologicznego a uzyskane wartości pomiarowe potwierdziły bardzo dobrą zgodność z wynikami modelowymi.

Kolejnym zastosowaniem modelu obliczeniowego zaproponowanego przez pana dr Adricha była optymalizacja układu kolimacji wiązki dla mobilnego akceleratora do radioterapii śródoperacyjnej, opracowywanego we wspólnym projekcie „Intra-Dose” z Wielkopolskim Centrum Onkologii. Radioterapia śródoperacyjna jest stosowana najczęściej u chorych na raka piersi po oszczędzającym zabiegu operacyjnym oraz u chorych na nowotwory złośliwe przewodu pokarmowego. Kluczowymi wymogami konstrukcji kolimatora są jego niewielki wymiary i masa, co umożliwi łatwe przemieszczanie go na sali operacyjnej. Autor opracował uniwersalny układ folii rozpraszającej i wyrównującej, który w stosunku do pierwotnej konstrukcji akceleratora charakteryzowała się niższą o 1 MeV stratą energii wiązki w układzie formowania. Nowa koncepcja układu kolimacji polegała na zaproponowaniu układu wstępnej kolimacji, która geometrycznie ogranicza wiązkę terapeutyczną przed jej rozproszeniem na układzie folii. Również zastosowanie w kolimacji wiązki elektronowej lekkiego aluminium zamiast metali ciężkich doprowadziło do korzystnego, z punktu widzenia radioterapii śródoperacyjnej, rozkładu dawki głębokiej. Dzięki m.in. nowej koncepcji kolimacji wstępnej udało się znacząco ograniczyć dawki od niepożądanego tzw. promieniowania ubocznego. Wyniki pomiarów pokazały, że poziom dawki od tego promieniowania jest od 500 do 1000 razy mniejszy niż limity zalecane w Polskiej Normie. Jest to niewątpliwym sukcesem zastosowania modelu oraz koncepcji optymalizacji całego układu zaproponowanego przez pana dr Adricha.

Kolejnym polem zastosowań modelu była optymalizacja aplikatora wiązki elektronowej dla przyspieszacza liniowego elektronów stosowanych w teleradioterapii. Okazuje się, że ze względu na potencjalne zastosowania komercyjne w literaturze nie są publikowane szczegółowe metody optymalizacji takich kolimatorów. Pan dr Adrich przygotował algorytm optymalizacji aplikatora półkowego do realizacji w kilku etapach. Dla zadanego typu akceleratora (energii wiązek i wielkości pól terapeutycznych) obliczana była apertura dolnej półki aplikatora, wstępne parametry folii rozpraszających i odpowiadający im głębokościowy rozkład dawki. Po tym następowała optymalizacja kolejnych parametrów, częściowo w modzie iteracyjnym. Wymiernym sukcesem tej optymalizacji było uzyskanie dla dawek naskórnych w głębokościowym rozkładzie dawek mniejszych o ok. 10 punktów procentowych niż w akceleratorze TrueBeam firmy Varian. Model i metoda obliczeniowa zaproponowana przez Autora okazały się bardzo przydatne do projektowania układów akceleratorów liniowych. Może on być łatwo dostosowany do obliczeń systemów radioterapii protonowej, co dodatkowo zwiększa jego atrakcyjność i pole zastosowań.

Wyniki badań zamieszczone w rozprawie były publikowane w dobrych czasopismach o zasięgu międzynarodowym oraz przedstawiane na licznych konferencjach. Rozprawa jest napisana klarownie, czyta się ją bardzo dobrze a Autor ma wyraźne zacięcie dydaktyczne. Z obowiązku recenzenta podaję dwie nieznaczące nieścisłości w tekście. Przybliżenie CSDA oznacza w literaturze Continuous Slowing Down Approximation a nie Constant Slowing Down Approximation (str. 24). W definicji dawki pochłoniętej (str.14) dawka pochłonięta jest raczej iloczynem fluencji i zdolności hamowania na jednostkę gęstości ośrodka; natomiast fluencja razy depozycja energii nie daje właściwej jednostki grej =J/kg. Te uwagi mają zupełnie marginalne znaczenie i nie zmniejszają mojej bardzo wysokiej oceny rozprawy habilitacyjnej, która spełnia wszystkie wymagania formalne i zwyczajowe dotyczące tego typu prac.

Ocena dorobku naukowego

W czasie swoich studiów doktoranckich pan P. Adrich przebywał na stypendium w GSI Darmstadt, gdzie pracował nad badaniami wzbudzeń kolektywnych w niektórych egzotycznych jądrach atomowych m.in. w podwójnie magicznym jądrze ^{132}Sn . Celem pracy doktorskiej było eksperymentalne potwierdzenie w nich rezonansów typu *pygmy dipole resonance* jak również wyznaczenie takich ich parametrów jak średnia energii wzbudzenia, szerokości rezonansu czy przekroje czynne. Zasadnicze wyniki jego pracy doktorskiej zostały opublikowane w prestiżowym *Physical Review Letters* w 2005 roku, w której był pierwszym autorem. Po uzyskaniu stopnia doktora pan P. Adrich odbył w latach 2005-2008 staż podoktorski w National Superconducting Cyclotron Laboratory (NSCL), znakomicie wyposażonym w zespół cyklotronów i detektorów do badania wiązek jąder egzotycznych. Kontynuował tam badania w obszarze spektroskopii gamma oraz rozwojem metody Recoil Distance Method do badania stanów wzbudzonych jąder atomowych. Pracując w dwóch grupach badawczych wzbogacił wtedy swój dorobek naukowy o 27 publikacji. Oczywiście, udział w pracy dużych grup badawczych ułatwia uzyskiwanie licznych publikacji. Warto jednak podkreślić, że w czasie swego pobytu pan dr Adrich odegrał kluczową rolę w badaniu struktury neutronadmiarowych jąder egzotycznych żelaza i chromu. W badaniach tych po raz pierwszy zmierzono promieniowanie gamma ze wzbudzonego jądra ^{68}Fe oraz pomiar przekrojów czynnych na reakcję wybitcia dwóch protonów z jądra ^{68}Ni , ^{70}Ni i ^{66}Fe oddziałujących z tarczą ^9Be przy energii ok. 70 MeV/nukleon. Okazało się, że zmierzone przekroje czynne są znacznie mniejsze od przewidywań modelu powłokowego, co może mieć ważne konsekwencje dla badania oddziaływań jądrowych. Publikacja tych wyników przyniosła dotąd ponad 60 cytowań. Podczas pobytu w NSCL pan dr Adrich brał też udział w budowie narzędzi numerycznych do interpretacji danych pomiarowych, m.in. w oparciu o kod transportu promieniowania Geant4. Zdobyte tam doświadczenia w pracy z tym kodem niewątpliwie przyczyniły się do rozpoczęcia badań w tematyce opisanej w rozprawie habilitacyjnej. W trakcie stażu podoktorskiego pan dr Adrich był również zaangażowany w budowę macierzy detektorów scyntylacyjnych o dużej wydajności pomiaru promieniowania gamma, CAESAR. Badał tam, z wykorzystaniem metod Monte Carlo, wpływ geometrii detektora na wydajność zbierania fotonów scyntylacji. Publikacja z tych obliczeń ukazała się w *NIM A*, 624 (2010) i przyniosła na razie blisko 30 cytowań.

W sumie, do dorobku publikacyjnego pana dr Przemysława Adricha wchodzi 44 publikacje z listy JRC oraz 22 publikacje w czasopiśmie krajowych i międzynarodowych spoza bazy JRC. Pozostałe dane bibliometryczne są też imponujące. Sumaryczny Impact Factor według listy JCR wynosi ponad 146, liczba cytowań (bez autocytowań) 1563 oraz indeks Hirscha 20. Są to wartości parametrów bibliometrycznych, z którymi nierzadko składa się wnioski o nadanie tytułu profesora. Do tych osiągnięć warto dodać trzy patenty, udzielone przez Urząd Patentowy RP a dotyczące układów formowania wiązek elektronowych w akceleratorach

W ocenie osiągnięć dydaktycznych habilitanta trzeba wziąć pod uwagę, że pracuje w instytucie naukowo – badawczym, co z natury rzeczy marginalizuje tego typu działalność. Pan dr P. Adrich prowadził ćwiczenia w ramach wyjazdowych pracowni akceleratorowych oraz studiów 2 stopnia dla studentów Politechniki Warszawskiej. Prowadził też szkolenia organizowane przez NCBJ dla fizyków i techników medycznych pracujących z akceleratorami medycznymi. W latach 2009-2013 opiekował się pięcioma studentami w ramach praktyk wakacyjnych. Był też współpromotorem 3 prac inżynierskich.

Pan dr P. Adrich kierował realizacją zadania w projekcie pt. „Kompleksowy System do Radioterapii Śródoperacyjnej Intra-Dose” realizowanym ze środków NCBiR. Uczestniczył też w charakterze wykonawcy w grantie promotorskim (2004-2005) oraz w projekcie finansowanym ze środków funduszy strukturalnych UE (2008-2013).

W trakcie swojej kariery naukowej wygłosił w latach 2003 – 2017 14 referatów na konferencjach o zasięgu międzynarodowym i 6 prezentacji plakatowych. W autoreferacie nie znalazłem informacji o wygłoszeniu wykładów zaproszonych na konferencjach międzynarodowych. Szkoda też, że niewątpliwie wysokie kompetencje merytorycznie pana dr Adricha były tak rzadko wykorzystywane do recenzowania publikacji naukowych, szczególnie w sytuacji, w której redaktorzy czasopism z coraz większym trudem znajdują chętnych do podjęcia się takich recenzji. Ta sama uwaga dotyczy udziału pana dr Adricha w pracach zespołów eksperckich czy grup międzynarodowych.

Za swoje osiągnięcia był nagrodzony przez dyrektora NCBJ za osiągnięcia naukowe w 2013 (zespołowo) i w 2016 roku (indywidualnie). Jego prezentacja plakatowa dotycząca akceleratora śródoperacyjnego została nagrodzona podczas konferencji Young Scientists Forum w Poznaniu w 2009 roku.

Z prawdziwą przyjemnością przychodzi mi podsumować zarówno rozprawę habilitacyjną jak i ocenę dorobku naukowego pana doktora Przemysława Adricha. Habilitant jest dojrzałym, w pełni samodzielnym pracownikiem naukowym, cenionym specjalistą z zakresu fizyki jądrowej i akceleratorowej. Jego ścieżka kariery naukowej może być znakomitym przykładem profitów płynących z mobilności naukowej i okresowej zmiany tematyki badawczej. Pan dr Przemysław Adrich znakomicie wykorzystał wiedzę nabytą w czasie doktoratu i stypendium podoktorskiego z fizyki jądrowej odbytych w znakomitych zagranicznych laboratoriach do wytyczenia własnego kierunku badawczego, którego wyniki zebrał w swej rozprawie habilitacyjnej. Stwierdzam, że zarówno dorobek naukowy jak i przedstawiona do recenzji rozprawa habilitacyjna spełniają wszelkie warunki stawiane przez ustawę do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego i stawiam wniosek o dopuszczenie dr Przemysława Adricha do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.



Paweł Olko

Kraków, 6 maja 2018 roku