


Prof. dr hab. inż. Henryk Fiedorowicz
Instytut Optoelektroniki
Wojskowa Akademia Techniczna
Ul. Kaliskiego 2
00-908 Warszawa

Warszawa 06.12.2013 r.
DZIEKANAT WYDZIAŁU FIZYKI
WPLYNEŁO
2013 -12- 12
L. dz.

Ocena osiągnięć naukowych dr Katarzyny Krajewskiej w związku postępowaniem habilitacyjnym prowadzonym przez Radę Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Dr Katarzyna Krajewska ukończyła studia wyższe na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w 1999 roku. W latach 1999-2004 odbyła studia doktoranckie na tym samym Wydziale. Stopień naukowy doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki uzyskała w roku 2004 na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „*Kontrola stanów rezonansowych zewnętrznym polem elektromagnetycznym na przykładzie oddziaływania kontaktowego*” wykonanej pod kierunkiem prof. dr. hab. Jerzego Kamińskiego. Od października 2004 roku jest zatrudniona w Instytucie Fizyki Teoretycznej na Uniwersytecie Warszawskim na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego. W okresie od października 2005 roku do stycznia 2007 roku przebywała na stażu podoktorskim na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Nebraska w Lincoln w USA. Ponadto w latach 2003-2012 odbyła kilka miesięcznych wizyt naukowych, w tym ponownie na Uniwersytecie Nebraska oraz na Uniwersytecie w Rennes, we Francji i w Instytucie Fizyki Jądrowej im. Maxa Plancka w Heidelbergu w Niemczech.

Ocena dotychczasowej działalności naukowej

Dotychczasowa działalność naukowa dr Katarzyny Krajewskiej dotyczyła czterech podstawowych zagadnień:

- dynamiki procesów kwantowych w obecności silnego pola magnetycznego i elektrycznego,
- procesów wielofotonowych w silnych polach laserowych,
- fundamentalnych procesów elektrodynamiki kwantowej w silnych polach laserowych oraz
- kontroli procesów kwantowych w impulsach attosekundowych.

Wyniki badań dotyczących pierwszego zagadnienia zostały opublikowane, wspólnie z opiekunem naukowym habilitantki podczas jej studiów doktoranckich, w czterech artykułach w renomowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym oraz przedstawione w czterech komunikatach, w tym dwóch referatach, podczas międzynarodowych konferencji naukowych. Wyniki te stanowiły podstawę rozprawy doktorskiej, która została uznana przez Radę Wydziału Fizyki UW za wyróżniającą się. Ta problematyka badawcza była także przedmiotem zainteresowań naukowych habilitantki po doktoracie. Prace realizowała w ramach projektu badawczego KBN „*Kontrola procesów kwantowych polem elektromagnetycznym*” oraz we współpracy naukowej z prof. Robertem Potvliege’em z Uniwersytetu w Durham w Wielkiej Brytanii. Wyniki tych prac zostały opublikowane w czterech artykułach w czasopismach naukowych.

Podczas stażu naukowego na Uniwersytecie Nebraska habilitantka zajęła się teoretycznymi badaniami procesów wielofotonowych zachodzących w warunkach silnego pola promieniowania laserowego. Zagadnienia te mają znaczenie praktyczne, ponieważ dotyczą one problemu poprawy efektywności wytwarzania ultrakrótkich impulsów spójnego promieniowania w krótkofalowym zakresie widma poprzez generację wysokich harmoniczných (*High-order Harmonic Generation - HHG*). Jest on przedmiotem badań wielu zespołów na świecie, zarówno teoretycznych, jak i eksperymentalnych. Staż na Uniwersytecie Nebraska habilitantka odbywała w zespole kierowanym przez prof. Anthony F. Starace, który jest jednym z najbardziej znanych na świecie autorytetów naukowych w zakresie fizyki oddziaływania intensywnego promieniowania laserowego z atomami i cząsteczkami, oddziaływania attosekundowych impulsów promieniowania oraz ultra-szybkich procesów fizycznych pod wpływem działania attosekundowych impulsów promieniowania laserowego i elektronów. Wyniki tej współpracy zaowocowały czterema wartościowymi artykułami w renomowanych czasopismach naukowych, w których przedstawiono analizę efektów progowych dla jonizacji atomów i jonów w warunkach silnego pola laserowego. Były także przedstawione w formie referatów wygłoszonych na trzech międzynarodowych konferencjach naukowych, w tym na konferencji Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego w roku 2006.

Kolejnym obszarem wiedzy, który był obiektem zainteresowań naukowych dr Krajewskiej i jej prac teoretycznych, były fundamentalne procesy elektrodynamiki kwantowej zachodzące w obecności silnego pola promieniowania laserowego, a w szczególności kreacja par elektronowo-pozytonowych. Początkowo prowadziła badania procesów kreacji par elektron-pozyton zachodzących podczas oddziaływania ultra-krótkich impulsów laserowych wielkiej mocy z wiązką ciężkich jonów. Badania dotyczyły szybkości kreacji par oraz korelacji kątowych wytwarzanych cząstek od natężenia pola laserowego. W obliczeniach przyjmowano opis pola laserowego w przybliżeniu monochromatycznej fali płaskiej oraz nie uwzględniano odrzutu cząstek podczas oddziaływania z impulsem laserowym. Wyniki tych badań zostały opublikowane w pięciu artykułach w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym, w tym w zaproszonym artykule w renomowanym czasopiśmie *Reports on Progress in Physics* (IF = 13,232). Artykuły te były pracami zespołowymi, przy czym w przypadku dwóch artykułów habilitantka była pierwszym autorem. Przedstawiła je również w postaci referatów wygłoszonych na międzynarodowych konferencjach fizyki laserów w roku 2005 i 2007. Badania prowadzono w ramach projektu badawczego KBN „Kontrola procesów kwantowych polem elektromagnetycznym”. W dwóch kolejnych artykułach opublikowanych przez dr Krajewską we współpracy z prof. Kamińskim, przedstawione zostały wyniki badań teoretycznych procesu rozpraszania Comptona w przypadku ultrakrótkich impulsów laserowych. Prace te mają duże znaczenie praktyczne ze względu na możliwość wytwarzania impulsów spójnego promieniowania rentgenowskiego oraz promieniowania γ poprzez rozpraszanie Comptona impulsów laserowych wielkiej mocy na strumieniu elektronów. Dogłębne poznanie fizyki tych zjawisk pozwoli na lepsze przygotowanie eksperymentów naukowych, które są planowane z użyciem budowanych obecnie impulsowych laserów wielkiej mocy oraz prawidłową interpretację uzyskanych w przyszłości wyników tych eksperymentów. Wyniki swoich prac, prowadzonych w ramach projektu badawczego NCN „Procesy kwantowe w ultrakrótkich impulsach laserowych”, habilitantka przedstawiła w referatach na międzynarodowych konferencjach naukowych, w tym na 32nd *European Conference on Laser Interaction with Matter (ECLIM2012)* w Warszawie w 2012 r.

W ostatnim okresie dr Krajewska zajmowała się teoretycznymi badaniami procesów kwantowych zachodzących w attosekundowej skali czasowej. Ich celem jest opisanie i wyznaczenie nowych sposobów kontroli procesów kwantowych zachodzących w tak krótkim czasie. Prace te prowadzi obecnie we współpracy z prof. Kamińskim oraz uczestnikiem międzynarodowych studiów doktoranckich na Wydziale Fizyki UW. Dotyczą one dwóch zasadniczych zagadnień: kontroli transportu w nanostrukturach oraz kontroli procesu jonizacji i generacji wysokich harmonicznych za pomocą impulsów attosekundowych. Wstępne wyniki tych badań przedstawione zostały w komunikacie plakatu na międzynarodowej konferencji naukowej dotyczącej fizyki laserów.

Podsumowując ocenę dotychczasowego dorobku dr Krajewskiej można stwierdzić, że jest on bardzo wartościowy i stanowi znaczący wkład w rozwój wiedzy w zakresie fizyki oddziaływania ultra-krótkich impulsów laserowych wielkiej mocy z materią. Po doktoracie habilitantka opublikowała 25 artykułów w renomowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym, w tym 14 artykułów w czasopiśmie *Physical Review*. Prawie wszystkie artykuły powstały w wyniku pracy zespołowej, głównie we współpracy z prof. J. Kamińskim, opiekunem naukowym habilitantki we wczesnym okresie jej kariery naukowej, jednakże wkład habilitantki w ich utworzeniu jest bezdyskusyjny. Artykuły były cytowane prawie 250 razy, natomiast wartość indeksu Hirscha wynosi $h=9$ (dane na podstawie bazy SCOPUS). Biorąc pod uwagę, że problematyką badawczą będącą przedmiotem zainteresowań naukowych habilitantki zajmuje się stosunkowo nieliczna grupa naukowców na świecie oraz fakt, że większość artykułów powstała w ciągu ostatnich pięciu lat, wskaźniki te są całkowicie satysfakcjonujące. Wszystkie prace mają charakter czysto teoretyczny, jednakże w większości odnoszą się do eksperymentalnych badań w zakresie oddziaływania ultra-krótkich impulsów laserowych wielkiej mocy. Rozwój techniki laserowej w ostatnich latach pozwala na planowanie w niedalekiej przyszłości budowy systemów laserowych, które umożliwią prowadzenie badań eksperymentalnych w zakresie fundamentalnych procesów elektrodynamiki kwantowej w silnych polach promieniowania laserowego. Teoretyczne badania tych procesów, które w naturalny sposób wyprzedzają planowane badania eksperymentalne, są dla nich niezbędne.

Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Osiągnięciem naukowym, które Pani dr Katarzyna Kamińska przedstawiła we wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego, jest jednotematyczny cykl publikacji pt. „*Procesy kreacji par elektron-pozyton w silnych polach laserowych*”. Składa się on z 6 artykułów w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym, znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports*. Prace przedstawiają wyniki teoretycznych badań nieliniowych procesów kreacji par elektron-pozyton wywołanych działaniem silnego pola promieniowania laserowego. Ich głównym celem jest jakościowa analiza warunków, w których może nastąpić poprawa efektywności procesu kreacji par oraz określenie podstawowych charakterystyk tego proces, takich jak rozkłady energetyczne i kątowe kreowanych cząstek. Poza jednym artykułem, wszystkie publikacje powstały w ramach współpracy z prof. Kamińskim. Z jego oświadczenia dołączonego do wniosku wynika jednoznacznie, że udział dr Krajewskiej w przygotowaniu publikacji był dominujący. Swoją rolę w ich powstaniu prof. Kamiński ocenił na około 35%.

Tematyka artykułów składających się na jednotematyczny cykl publikacji dotyczy dwóch zasadniczych zagadnień: (1) wpływu efektu odbicia na proces kreacji par elektronowo-pozytonowych w wyniku oddziaływania wiązki jąder atomowych z intensywną wiązką promieniowania laserowego oraz (2) kontroli procesu kreacji par elektronowo-pozytonowych przez wymuszające je pole laserowe. Analizy teoretyczne dotyczące tych procesów mają duże znaczenie poznawcze oraz mogą być przydatne podczas przygotowania przyszłych badań eksperymentalnych w zakresie elektrodynamiki kwantowej, jakie są planowane w związku z budowanymi obecnie wielkimi infrastrukturami laserowymi.

Jednym z celów tych badań jest kreacja par elektron-pozyton w silnym polu promieniowania laserowego. Najbardziej prawdopodobnym procesem fizycznym prowadzącym do kreacji par jest tzw. nieliniowy proces Bethe-Heitlera, w którym kreacja par elektron-pozyton zachodzi w wyniku zderzenia intensywnej wiązki promieniowania laserowego z wiązką jąder atomowych. W dotychczasowych analizach teoretycznych tego procesu stosowano przybliżenie nieskończenie dużej masy jąder atomowych, co prowadziło do pomijania efektów związanych ze zmianą pędu jąder atomowych w momencie kreacji pary, a tym samym do pominięcia efektów ich odbicia.

W pracach przedstawionych przez habilitantkę przeprowadzono analizę teoretyczną procesu Bethe-Heitlera z udziałem pola promieniowania laserowego w postaci fali płaskiej przy uwzględnieniu zmiany pędu jądra atomowego. Wykazano po raz pierwszy znaczenie efektu odbicia dla procesu kreacji par. Przeprowadzone analizy pokazały ogromny wzrost (o kilka rzędów wielkości) różniczkowego tempa wielofotonowej kreacji par elektron-pozyton dla niezerowego przekazu pędu, a tym samym wskazały na możliwość znacznej poprawy efektywności procesu kreacji. Stwierdzono, że efekt ten silnie zależy od polaryzacji wymuszającego pola promieniowania laserowego i jest znaczący dla polaryzacji liniowej. Wykazano także, że bardzo duży wpływ na proces kreacji par ma natężenie pola promieniowania laserowego. Wyniki tych analiz przedstawione zostały w trzech pierwszych artykułach cyklu publikacji.

Przedmiotem badań przedstawionych w trzech pozostałych artykułach cyklu była analiza wpływu pola promieniowania laserowego na wymuszony nim proces kreacji par elektronowo-pozytonowych. W modelu teoretycznym procesu przyjmowano pole laserowe w postaci bichromatycznej, modulowanej fali płaskiej oraz dla przypadku krótkiego impulsu promieniowania. Takie podejście do zagadnienia w analizach teoretycznych jest uzasadnione ze względu na rozwój techniki laserowej, która daje możliwości zmiany tych parametrów w praktyce. W dwóch artykułach zademonstrowano po raz pierwszy znaczenie efektów fazowych podczas kreacji par w procesie Bethe-Heitlera dla przypadku uwzględniającego skończoną masę cząstki zderzającej się z polem laserowym. Wykazano, że w rozważanym zakresie parametrów pola promieniowania laserowego nie obowiązuje przyjęty w literaturze mechanizm kreacji par elektron-pozyton przez tunelowanie oraz potwierdzono tezę, że czas trwania impulsu laserowego jest istotnym czynnikiem umożliwiającym sterowanie procesami kreacji par. W ostatnim artykule przedstawiono wyniki pionierskich badań teoretycznych procesu kreacji par elektron-pozyton w wyniku oddziaływania pola promieniowania laserowego z nie pochodzącym od pola fotonem, czyli tzw. nieliniowego procesu Breita-Wheelera, w przypadku stosowania ultra-krótkich impulsów laserowych.

Wszystkie artykuły składające się na cykl jednotematycznych publikacji charakteryzuje bardzo wysoki poziom naukowy. Badania procesów elektrodynamiki kwantowej zachodzących w silnych polach laserowych należą do najtrudniejszych zagadnień we współczesnej fizyce i są przedmiotem zainteresowania wielu naukowców na całym świecie, jednakże tylko nieliczni są w stanie podołać bardzo wysokim wymaganiom stawianym badaczom. Pani dr Katarzyna Krajewska w swoich publikacjach naukowych pokazała, że nie tylko doskonale rozumie te trudne problemy badawcze, ale także potrafi je bardzo skutecznie rozwiązywać, poszerzając w ten sposób znacząco zakres naszej wiedzy w tej dziedzinie nauki. Artykuły są bardzo starannie opracowane pod względem edytorskim i mogą stanowić wzór opracowania publikacji naukowej. Pomimo tego, że dotyczą bardzo trudnych zagadnień i przedstawiają wyniki analiz teoretycznych prowadzonych za pomocą skomplikowanego aparatu matematycznego, ich prezentacja w artykułach jest dokonywana w sposób bardzo przystępny, przez co mogą dotrzeć do szerszego grona badaczy zajmujących się tą problematyką. W przedstawionych artykułach z dużą starannością opracowana została analiza literaturowa, która pomaga poznać stan wiedzy w zakresie przedmiotu badań oraz ocenić znaczenie prezentowanych wyników analiz. Z oświadczenia współautora artykułów prof. Kamińskiego wynika, że te kwestie są głównie zasługą habilitantki.

W podsumowaniu oceny osiągnięcia naukowego w postaci przedstawionego cyklu publikacji pt. „*Procesy kreacji par elektron-pozyton w silnych polach laserowych*” należy stwierdzić, że mamy do czynienia z wysokiej klasy opracowaniami naukowymi, które znacznie poszerzają naszą wiedzę w zakresie tej tematyki i będą niewątpliwie bardzo przydatne dla naukowców zajmujących się teoretycznymi badaniami tych zjawisk, jak również dla eksperymentatorów, którzy w oparciu o gwałtowny postęp w rozwoju techniki impulsowych laserów wielkiej mocy, czego jesteśmy świadkami w ostatnich latach, pracują obecnie nad umożliwieniem badań eksperymentalnych w tym obszarze.

Ocena w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej.

Działalność dydaktyczna dr Katarzyny Krajewskiej obejmuje głównie zajęcia dydaktyczne dla studentów, które prowadziła podczas studiów doktoranckich na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, obejmujące ćwiczenia rachunkowe z matematyki, mechaniki teoretycznej i mechaniki kwantowej oraz zajęcia, które prowadziła w latach 2004-2012 w ramach obowiązków adiunkta naukowo-badawczego zatrudnionego na tym Wydziale. W tym okresie, poza ćwiczeniami do wykładów z matematyki, mechaniki teoretycznej i mechaniki kwantowej, prowadziła również wykłady z mechaniki kwantowej oraz seminarium z inżynierii kwantowej. Jej działalność dydaktyczna na Uniwersytecie Warszawskim została wyróżniona nagrodą przyznaną w roku 2001 przez dziekana Wydziału Fizyki UW za wzorowe prowadzenie zajęć z ćwiczeń rachunkowych. W roku 2011 wygłosiła wykład dla uczestników studiów doktoranckich w Instytucie Maxa Plancka w Heidelbergu w Niemczech. Sprawowała także opiekę naukową nad studentem Wydziału Fizyki podczas przygotowania pracy licencjackiej. Obecnie jest współopiekunem naukowym uczestnika Międzynarodowych Studiów Doktoranckich na tym wydziale. Ponadto sprawowała funkcję opiekuna II roku studiów magisterskich oraz była członkiem Zespołu ds. studenckich praktyk zawodowych.

W ramach działalności popularyzatorskiej administruje stroną internetową projektu, którego celem jest zwiększenie atrakcyjności studiów na kierunku fizyka i zachęcenie studentów do podejmowania studiów II stopnia na tym kierunku. W roku 2010 brała udział w organizowaniu akcji mających na celu zwiększenie liczby studentek na kierunkach ścisłych poprzez zachęcanie maturzystek do studiowania fizyki. Uczestniczyła także w organizacji różnego rodzaju spotkań mających na celu popularyzację studiów na kierunku fizyka poprzez bezpośrednie kontakty studentów z pracodawcami i przedstawicielami biznesu, którzy ukończyli ten kierunek studiów.

Współpracę naukową z zagranicą dr Katarzyna Krajewska prowadziła z czołowymi na świecie zespołami badawczymi w tej dziedzinie, co miało niewątpliwie bardzo korzystny wpływ na jej rozwój naukowy. Największe znaczenie miały zapewne staże odbyte na Uniwersytecie Nebraska w Lincoln w USA i współpraca z grupą prof. A. Starace'a, która zaowocowała kilkoma wartościowymi publikacjami naukowymi. Bardzo cenna jest nawiązana współpraca z zespołem prof. C. Mullera z Instytutu Fizyki Teoretycznej na Uniwersytecie w Dusseldorfie. Jej rezultatem jest artykuł naukowy dotyczący tematyki badawczej habilitantki, opublikowany przez nią wspólnie z prof. Mullerem i prof. Kamińskim w czasopiśmie *Physical Review A* w 2013 roku, po złożeniu wniosku o wszczęcie procedury habilitacyjnej. Nawiązaniu tak korzystnej współpracy naukowej z zagranicą sprzyjało zapewne jej uczestnictwo w wielu międzynarodowych konferencjach naukowych. Dr Krajewska wzięła udział w 25 konferencjach w ciągu 10 lat, na których wygłosiła 18 referatów i przedstawiła 8 komunikatów plakatu. Można mieć nadzieję, że w wyniku dalszej współpracy z tymi zespołami powstanie w Warszawie silny zespół prowadzący badania w zakresie elektrodynamiki kwantowej w silnych polach laserowych o renomie porównywalnej z czołowymi zespołami naukowymi na świecie.

Podsumowanie i wniosek końcowy.

Podsumowując przedstawioną wyżej ocenę dorobku naukowo-badawczego, ocenę osiągnięcia naukowego w postaci jednotematycznego cyklu publikacji oraz ocenę dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej Pani dr Katarzyny Krajewskiej w związku z postępowaniem habilitacyjnym prowadzonym przez Radę Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego stwierdzam, że jej dorobek wskazuje na znaczny wkład w rozwój fizyki w zakresie elektrodynamiki kwantowej w silnych polach laserowych oraz bardzo istotną aktywność naukową habilitantki, a tym samym osiągnięcia naukowe wnioskodawczynie spełniają kryteria określone w ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz są w pełni wystarczające do nadania jej stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie Fizyka.

