

AUTOREFERAT

Paweł Możejko

1. Imię i nazwisko:

Paweł Możejko, urodzony 30 listopada 1969 roku w Gdyni.

2. Adres:

Paweł Możejko
Zespół Fizyki Atomowej
Katedra Fizyki Atomowej i Luminescencji
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej
Politechnika Gdańska
ul. Gabriela Narutowicza 11/12
80-233, Gdańsk
e-mail: paw@mif.pg.gda.pl
www: <http://www.mif.pg.gda.pl/homepages/paw/index.html>

3. Wykształcenie oraz przebieg kariery zawodowej:

W roku 1989 ukończyłem pięcioletnie Technikum Mechaniczno Elektryczne (Centrum Kształcenia Ustawicznego Mechaników i Elektryków) w Gdańsku, zdałem egzaminy maturalne oraz egzamin dyplomowy uzyskując tytuł zawodowy "Technik mechanik" w specjalności mechanika precyzyjna i automatyka.

W latach 1989-1994 studiowałem fizykę na Wydziale Matematyki i Fizyki, Uniwersytetu Gdańskiego. Od roku akademickiego 1991/1992 byłem studentem specjalności *Fizyka teoretyczna* prowadzonej przez Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki, Uniwersytetu Gdańskiego. W czerwcu 1994 złożyłem pracę magisterską, której promotorem był profesor dr hab. Władysław Adam Majewski. Obrona mojej pracy magisterskiej zatytułowanej "Statystyki w lokalnej fizyce kwantowej" odbyła się dnia 27 czerwca 1994 roku. W jej wyniku uzyskałem tytuł zawodowy magistra fizyki.

W czerwcu 1994 roku złożyłem dokumenty w konkursie na stanowisko asystenta w Katedrze Luminescencji Molekularnej, Politechniki Gdańskiej. Dnia 01 września 1994 rozpocząłem pracę i jednocześnie moją przygodę z fizyką doświadczalną na Politechnice Gdańskiej. W latach 1994-2000 nieprzerwanie pracowałem na stanowisku

asytenta w Katedrze Fizyki Atomowej i Luminescencji¹ kierowanej przez profesora dr hab. Czesława Szmytkowskiego.

Dnia 28 stycznia 2000 roku odbyła się obrona, przedstawionej przeze mnie, rozprawy doktorskiej zatytułowanej "Zderzenia elektronów z drobinami XY_4 ($X = \text{Si, Ge}$; $Y = \text{H, F, Cl}$)". Promotorem mojej rozprawy doktorskiej był profesor dr hab. Czesław Szmytkowski, a recenzentami profesor dr hab. Bogdan Adamczyk z Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie oraz profesor dr hab. Mariusz Zubek z Politechniki Gdańskiej. W wyniku obrony uzyskałem stopień naukowy doktora nauk fizycznych.

Od dnia 1 marca 2000 roku pracuję na stanowisku adiunkta w Katedrze Fizyki Atomowej i Luminescencji, na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej².

W latach 2001-2005 odbyłem trzy i pół letni staż w grupie profesora Léona Sanche w Katedrze Medycyny Jądrowej i Radiobiologii, na Wydziale Medycyny Uniwersytetu Sherbrooke w Kanadzie.

4. Działalność naukowa przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Prace doświadczalne w grupie profesora Czesława Szmytkowskiego rozpocząłem w 1994. Głównym celem prowadzonych przeze mnie prac była modernizacja elektrostatycznego spektrometru elektronów skonstruowanego i wykorzystywanego w Katedrze oraz pomiar całkowitych absolutnych przekrojów czynnych na rozproszenie elektronów na drobinach SiH_4 , SiF_4 , SiCl_4 , GeH_4 , GeF_4 oraz GeCl_4 w szerokim zakresie energii padających elektronów (od ułamka eV do 250 eV). Kolejnym zadaniem była analiza otrzymanych wyników ze względu na: (i) zależność energetyczną całkowitego przekroju czynnego, (ii) wpływ rodzaju atomów zewnętrznych oraz atomu centralnego drobin na wartość oraz kształt zmierzonych przekrojów oraz (iii) udział określonych procesów w całkowitym absolutnym przekroju czynnym. Ostatnim etapem tych prac było obliczenie rozkładów kątowych elektronów rozproszonych sprężysto na badanych związkach dla średnich i wysokich energii zderzenia oraz zbadanie korelacji zmierzonych przekrojów czynnych z wybranymi parametrami fizyko-chemicznymi badanych tarcz oraz z energią zderzenia.

W ramach realizacji wymienionych wyżej zadań, zmodernizowałem układ dozowania gazu oraz układ kontrolno-pomiarowy elektrostatycznego spektrometru elek-

¹Obecna nazwa Katedry obowiązuje od 2000 roku. Do roku 1995 Katedra nosiła nazwę "Katedra Luminescencji Molekularnej", a od 1995 "Katedra Luminescencji i Oddziaływań Elektronowych".

²Na stanowisku adiunkta zostałem zatrudniony w wyniku ogłoszonego wcześniej konkursu.

tronów. W szczególności dokonałem komputeryzacji części procesu pomiarowego, umożliwiającą znaczne zwiększenie ilości gromadzonych danych. Prowadzone prace eksperymentalne objęły pomiary całkowitych przekrojów czynnych na rozpraszanie elektronów na tetraedrycznych związkach krzemu i germanu. Pomiary wykonane zostały przy wykorzystaniu 127° cylindrycznego elektrostatycznego spektrometru elektronów. Dodatkowo dla związków SiF_4 oraz SiCl_4 uczestniczyłem w pomiarach przekrojów czynnych na rozproszenie średnio i wysokoenergetycznych elektronów (75 eV - 3000 eV) na Uniwersytecie w Trydencie w grupie profesora Antonio Zecci. Pomiary te wykonane zostały przy użyciu spektrometru typu ramsauera, z wykorzystaniem stałego pola magnetycznego. Zmierzone całkowite przekroje czynne były pierwszymi dla drobin GeF_4 oraz GeCl_4 , a dla pozostałych badanych związków uzyskano je po raz pierwszy w szerokim zakresie energii. Zaobserwowano przy tym szereg nowych struktur w zależności energetycznej całkowitych absolutnych przekrojów czynnych takich jak:

- silny wzrost przekroju czynnego dla cząsteczki GeF_4 przy energiach zderzenia niższych od 3 eV
- silne struktury o charakterze rezonansowym w przekrojach czynnych dla drobin SiCl_4 oraz GeCl_4
- bardzo szerokie (około 40 eV) maksima główne w przekrojach czynnych dla drobin SiF_4 oraz GeF_4 wskazujące na silną zależność przekroju czynnego od zewnętrznych atomów fluoru³.

Wyniki badań potwierdziły też przewidywaną silną zależność kształtu przekroju czynnego dla drobin XY_4 od rodzaju atomów zewnętrznych oraz znaczący wpływ rodzaju atomów centralnych na wartość przekroju czynnego. Potwierdziłem również silną korelację zmierzonych przekrojów czynnych z polaryzowalnością elektryczną cząstek tarczy oraz z energią zderzenia w przedziale od 50 eV do 250 eV.

W celu teoretycznego przebadania kąтового rozkładu elektronów rozproszonych sprężysto, obliczyłem odpowiednie wielkości wykorzystując metodę atomów niezależnych oraz modelowy potencjał optyczny. Obliczeń dokonałem przy użyciu przygotowanego przeze mnie odpowiedniego kodu numerycznego. Na podstawie, uzyskanych w obliczeniach różniczkowych oraz całkowitych przekrojów czynnych, oceniono udział procesów sprężystych w rozpraszaniu elektronów na tetraedrycznych związkach krzemu i germanu. Uzyskane w eksperymentach wyniki oraz ich

³Późniejsze prace eksperymentalne (w tym autora) wykazały jednoznacznie na występowanie tzw. efektu fluoryzacji (perfluorination effect).

analiza stały się podstawą mojej rozprawy doktorskiej zatytułowanej "Zderzenia elektronów z drobinami XY_4 ($X = \text{Si, Ge}$; $Y = \text{H, F, Cl}$)".

W latach od roku 1994 do początku roku 2000 uczestniczyłem również w pomiarach oraz analizie wyników pomiarów całkowitych przekrojów czynnych na rozpraszanie elektronów na drobinach metylmerkaptanu (CH_3SH), benzenu (C_6H_6), sześćciofluorobenzenu (C_6F_6) oraz sześćciofluorku siarki (SF_6). Wyniki badań opublikowane zostały w pracach:

A1. Czesław Szmytkowski, Grzegorz Kasperski and Paweł Możejko "Absolute electron-scattering total cross section measurements for methanethiol molecule, CH_3SH , from 0.6 to 250 eV" J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **28** (1995) L629–L632

IF= 2.245

A2. Paweł Możejko, Grzegorz Kasperski, Czesław Szmytkowski, Grzegorz P. Karwasz, Roberto S. Brusa and Antonio Zecca "Absolute total cross section measurements for electron scattering on benzene molecules" Chem. Phys. Lett. **257** (1996) 309–313

IF= 2.589

A3. Paweł Możejko, Grzegorz Kasperski and Czesław Szmytkowski "Electron collisions with germane (GeH_4) molecules. Absolute total cross section measurements from 0.75 to 250 eV" J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **29** (1996) L571–L575

IF= 2.503

A4. Czesław Szmytkowski, Paweł Możejko and Grzegorz Kasperski "Low- and intermediate-energy total electron scattering cross section for SiH_4 and GeCl_4 molecules" J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **30** (1997) 4363–4372

IF= 2.442

A5. Grzegorz Kasperski, Paweł Możejko and Czesław Szmytkowski "Electron scattering on C_6F_6 and SF_6 molecules" Z. Phys. D **42** (1997) 187–191

IF= 1.581

A6. Grzegorz P. Karwasz, Roberto S. Brusa, Andrea Piazza, Antonio Zecca, Paweł Możejko, Grzegorz Kasperski and Czesław Szmytkowski "Total cross section measurements for electron scattering on silicon tetrafluoride" Chem. Phys. Lett **284** (1998) 128–134

IF= 2.257

A7. Czesław Szmytkowski, Paweł Możejko and Grzegorz Kasperski "*Experimental absolute total cross sections for low-energy electron collisions with tetrahedral compounds of germanium: GeF_4* " J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **31** (1998) 3917–3928

IF= 2.268

A8. Paweł Możejko, Grzegorz Kasperski, Czesław Szmytkowski, Antonio Zecca, Lavinia Del Longo and Roberto S. Brusa "*Absolute total cross section measurements for electron scattering from silicon tetrachloride, $SiCl_4$, molecules*" Eur. Phys. J. D **6** (1999) 481–485

IF= 1.448

5. Działalność naukowa po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Badanie oddziaływań elektronów z analogami związków biologicznie czynnych oraz ich pochodnych.

Od końca września 2001 do kwietnia 2005 roku przebywałem na stażu podoktorskim w grupie profesora Léona Sanche. Początkowo zająłem się oddziaływaniem niskoenergetycznych elektronów (o energiach z zakresu od 1 eV do 20 eV) z drobinami skondensowanymi na powierzchniach metali oraz warstwach skondensowanych drobin.

Z drugiej strony włączyłem się w badania oddziaływań elektronów z biomateriałem. Wyniki licznych prac eksperymentalnych, poświęconych desorpcji jonów ujemnych, indukowanej zderzeniami elektronów z drobinami skondensowanymi na powierzchniach, prowadzonych w grupie profesora Léona Sanche, w tym również moich prac (prace B1 oraz B2), pokazały, że do interpretacji wyników oddziaływań elektronów z materią, uzyskiwanych w fazie skondensowanej, niezbędna jest znajomość odpowiednich procesów i ich wydajności zachodzących podczas zderzeń elektronów z tymi związkami w fazie gazowej. Dodatkowa motywacja, badania zderzeń drobin o znaczeniu biologicznym z elektronami, wynika z potrzeby danych dotyczących takich oddziaływań do symulacji i modelowania oddziaływania promieniowania jonizującego z biomateriałem. Istotnym jest tu fakt, że w wyniku oddziaływania promieniowania jonizującego (np. promieniowania γ i/lub wysokoenergetycznego promieniowania β lub α) z żywymi komórkami, w wyniku procesów jonizacji ośrodka, powstaje bardzo duża liczba elektronów wtórnych o niskich i średnich energiach kinetycznych. Powstałe, w ten sposób, elektrony wtórne mogą z kolei oddziaływać ze składnikami komórek oraz innymi produktami chemicznymi powstałymi w wyniku bezpośredniego oddziaływania promieniowania jonizującego z komórką oraz w dalszych etapach pro-

cesu radiolizy. Bardzo istotne jest przy tym, iż takie nisko- i średnio-energetyczne elektrony wtórne, w zderzeniach z DNA, indukują znaczące ilości jedno- i dwuniciowych uszkodzeń w helicznej strukturze DNA⁴. Dokładne poznanie, zrozumienie i formalny opis zjawiska oddziaływania promieniowania jonizującego z materią wydają się kluczowe dla opracowania lepszych technik radioterapii nowotworów oraz ochrony przed szkodliwym działaniem promieniowania jonizującego. Do modelowania procesów oddziaływania promieniowania jonizującego z materią, w tym również z biomaterią, szczególnie przydatne i niezbędne są dane ilościowe, takie jak przekroje czynne na poszczególne oddziaływania.

Stąd, w pierwszej kolejności, zdecydowałem się na obliczenia przekrojów czynnych na rozproszenie sprężyste oraz na jonizację indukowaną zderzeniami z elektronami zasad DNA i RNA: guaniny, adeniny, cytozyny, tyminy oraz uracylu [Praca H1]. Wybór tych dwóch procesów nie był przypadkowy. Dla średnich (począwszy od maksimum na proces jonizacji, które dla większości badanych związków zlokalizowane jest w okolicy 90-120 eV) i wysokich energii zderzenia (do kilku keV) procesy jonizacji i rozproszenia sprężystego dominują w oddziaływaniach elektronów z materią w fazie gazowej. Pozwala to również na oszacowanie, dla średnich i dużych energii zderzenia, na podstawie całkowitych przekrojów czynnych na jonizację oraz rozproszenie sprężyste, całkowitego przekroju czynnego jako sumy przekrojów na te dwa procesy. W obliczeniach przeprowadzonych i zaprezentowanych w pracy, [Praca H1], wykorzystałem, do obliczeń przekrojów na rozproszenie sprężyste elektronów - metodę atomów niezależnych (IAM) oraz formalizm binary-encounter-Bethe (BEB) do obliczeń przekrojów na jonizację indukowaną zderzeniami z elektronami. W metodzie IAM zagadnienie rozpraszania elektronów na cząsteczce zredukowane jest do zagadnienia rozpraszania elektronów na poszczególnych atomach wchodzących w skład cząsteczki. Oczywiście takie podejście narzuca spore ograniczenie na stosowność tej metody. Energia padającego elektronu musi być na tyle duża aby w czasie ruchu w pobliżu cząsteczki jego oddziaływanie z dalszymi atomami było zaniedbywalne. W praktyce, obserwuje się dostatecznie dobrą zgodność pomiędzy wynikami eksperymentalnymi i teoretycznymi dla energii większych od 50 eV, w przypadku prostych cząsteczek. Wraz ze wzrastającą złożonością struktury prze-

⁴M. Folkard, K.M. Prise, B. Vojnovic, S. Davis, M.J. Roper and B.D. Michael *Int. J. Radiat. Biol.* **64** (1993) 651, B. Boudaiffa, P. Cloutier, D. Hunting, M.A. Huels and L. Sanche *Science* **287** (2000) 1658, B. Boudaiffa, P. Cloutier, D. Hunting, M.A. Huels and L. Sanche *Int. J. Radiat. Biol.* **76** (2000) 1209, M.A. Huels, B. Boudaiffa, P. Cloutier, D. Hunting and L. Sanche *J. Am. Chem. Soc.* **125** (2003) 4467, T.M. Orlando, D. Oh, Y. Chen and A.B. Aleksandrov *J. Chem. Phys.* **128** (2008) 195102, S.V.K. Kumar, T. Pota, D. Peri, A.D. Dongre and B.J. Rao *J. Chem. Phys.* **137** (2012) 045101

Moyle

strzennej granica ta przesuwana się w stronę wyższych energii. W metodzie BEB do obliczenia przekrojów na jonizację niezbędne są dane dotyczące średnich energii kinetycznych elektronów na poszczególnych orbitalach molekularnych jak i energie jonizacji tych orbitali. Dane te wygenerowałem wykorzystując pakiet obliczeniowy chemii kwantowej GAUSSIAN. Ponieważ w obliczeniach prowadzonych na poziomie metody Hartree-Focka nie są uwzględnione efekty korelacyjne we wzajemnym ruchu elektronów, uzyskane energie jonizacji (z twierdzenia Koopmans'a) są z reguły za wysokie dla elektronów walencyjnych. Stąd po wykonaniu obliczeń na poziomie Hartree-Focka wykorzystałem zaimplementowaną w pakiecie GAUSSIAN metodę propagatorów funkcji Greena (OVGF), w wyniku której można uzyskać energie jonizacji na zadowalającym poziomie zgodności z danymi doświadczalnymi⁵. W pracy H1 zaprezentowałem wyniki, moich obliczeń, przekrojów różniczkowych na rozproszenie sprężyste elektronów na zasadach DNA i RNA dla energii 50 eV, 100 eV, 200 eV oraz 500 eV. Całkowite przekroje czynne na rozproszenie sprężyste obliczone zostały dla energii z zakresu od 50 eV do 4000 eV, a przekroje czynne na jonizację od progu na jonizację do 5000 eV. Z powodu braku jakichkolwiek innych danych dotyczących procesów rozpraszania sprężystego dla badanych związków, dokonałem porównania całkowitych przekrojów czynnych na rozproszenie sprężyste elektronów obliczonych przeze mnie dla uracylu ($C_4H_4N_2O_2$) oraz cząsteczek o podobnej wielkości C_6H_6 , C_6F_6 , C_6H_5F oraz C_6H_5Cl . Pozwoliło to na ocenę stosowności użytego formalizmu. Mój udział procentowy w powstaniu tej pracy szacuję na 75%.

W kolejnej pracy zaprezentowałem wyniki obliczeń przekrojów czynnych na jonizację oraz rozproszenie sprężyste na molekularnych analogach deoksyrybozy oraz grupy fosforanowej kwasów nukleinowych. Jako podstawowe analogi deoksyrybozy wybrałem trzy związki: tetrahydrofuran, C_4H_8O , 3-hydroksytetrahydrofuran, $C_4H_8O_2$, oraz alkohol tetrahydrofurfurylowy, $\alpha-C_5H_{10}O_2$. Na analog molekularnego fragmentu PO_4^- wybrałem związek H_3PO_4 . Dla celów porównawczych wykonałem również obliczenia dla drobin P_4O_6 oraz P_2O_3 . Podobnie jak w poprzedniej pracy, różniczkowe przekroje czynne na rozproszenie sprężyste obliczone są dla energii zderzenia równej 50 eV, 100 eV, 200 eV oraz 500 eV. Całkowite przekroje na rozproszenie sprężyste obliczyłem dla energii z zakresu od 50 eV do 2000 eV, zaś całkowite przekroje na jonizację w przedziale od progu na jonizację do 4000 eV. W pracy H2 dokonałem również porównania wyników uzyskanych dla analogów deoksyrybozy i grupy fosforanowej z odpowiednimi wynikami dla zasad DNA oraz RNA. Mój udział

⁵Wspomniane tu pokrótce metody obliczeniowe zostały wykorzystane przeze mnie we wszystkich pozostałych pracach, w których wykonywałem obliczenia.

Hoigh

procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 75%.

Uzyskane w wyniku obliczeń sprężyste i jonizacyjne przekroje czynne dla zasad DNA i RNA oraz prostych molekularnych analogów deoksorybozy oraz grupy fosforanowej (Praca H1, Praca H2), były jednymi z pierwszych danych teoretycznych dotyczących oddziaływania nisko- i średnioenergetycznych elektronów z tymi związkami.

Po powrocie ze stażu podoktorskiego, zainicjowałem doświadczenie poświęcone pomiarom całkowitego przekroju czynnego na rozproszenie elektronów na cząsteczce tetrahydrofuranu, C_4H_8O uznawanej za najprostszy molekularny analog deoksorybozy. Pomiary zostały wykonane na elektrostatycznym 127° spektrometrze elektronów, w szerokim zakresie energii - od 1 eV do 370 eV. Eksperyment dostarczył nie tylko danych ilościowych, czyli wartości całkowitych przekrojów czynnych dla wybranych energii zderzenia (tabela 1 z pracy), ale również cennych danych jakościowych. Przekrój czynny charakteryzuje szerokie maksimum rozciągające się pomiędzy 4 eV i 12 eV oraz słabe struktury rezonansowe widoczne przy 1,9 eV oraz 3,5 eV. To ostatnie maksimum opisane zostało jako wynik procesów rezonansowych prowadzących do wzbudzenia modów oscylacyjnych wiązania C-H oraz pary wiązań CH_2 . Pochodzenie głównego maksimum również przypisano licznym, nakładającym się, w zakresie od 4 eV do 12 eV, procesom rezonansowym typu *core-excited*. Dodatkowo wykazano (co potwierdziły również ostatnio opublikowane wyniki eksperymentalne⁶), że uzyskane wcześniej w grupie profesora A. Zecci⁷, całkowite przekroje czynne są znacząco zaniżone. Z drugiej strony, uzyskane przez nas, wyniki eksperymentalne bardzo dobrze zgadzają się z oszacowanym teoretycznym przekrojem czynnym, uzyskanym jako suma przekrojów na jonizację oraz rozproszenie sprężyste, obliczonych w pracy H2. Wyniki doświadczenia, wraz z ich analizą oraz dyskusją, zostały opublikowane w pracy H3. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 60%.

Naturalną kontynuacją badań były studia nad oddziaływaniem elektronów z cząsteczką alkoholu tetrahydrofurfurylowego. Wraz ze współpracownikami, wykonałem pomiary całkowitych przekrojów czynnych na rozpraszanie elektronów na cząsteczce α - $C_5H_{10}O_2$ w szerokim zakresie energii od 1 eV do 370 eV. Zaobserwowane w zmierzonym przekroju czynnym struktury, podobnie jak w przypadku cząsteczki tetrahydrofuranu, przypisano licznym procesom rezonansowym, prowadzącym do wzbudzenia modów oscylacyjnych wiązań C-H oraz pary wiązań CH_2 . Dodatkowo wykonano

⁶W.Y. Baek, M. Bug, H. Rabus, E. Gargioni and B. Grosswendt *Phys. Rev. A* **86** (2012) 032702

⁷A. Zecca, Ch. Perazzolli and M.J. Brunger *J. Phys. B* **38** (2005) 2079

porównanie zmierzonego całkowitego przekroju czynnego dla cząsteczki $C_5H_{10}O_2$ z wynikami uzyskanymi w pracy H3 dla cząsteczki tetrahydrofuranu oraz z wynikami całkowitych przekrojów czynnych dla zasad DNA oraz RNA, oszacowanych na podstawie wyników prac H1 oraz H2. Porównanie wyników doświadczalnych wykazało, że obecność w cząsteczce $C_5H_{10}O_2$, dodatkowej grupy CH_2OH , w porównaniu do cząsteczki tetrahydrofuranu (C_4H_8O), nie prowadzi do pojawienia się nowych struktur w energetycznej zależności przekroju czynnego, a jedynie do wzrostu jego wartości w całym zakresie energii. Wyniki, po ich opracowaniu, zostały opublikowane w pracy H4. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 60%.

Uzyskane wyniki skłoniły nas do dalszych, systematycznych studiów nad oddziaływaniem elektronów ze związkami pierścieniowymi o strukturze $c-(CH_2)_nO$ gdzie $n=2, 3$. Chociaż związki te nie mogą bezpośrednio być traktowane jako analogi składników biocząsteczek, to jednak informacja o ich oddziaływaniu z elektronami jest znaczącym uzupełnieniem danych dla cząsteczki tetrahydrofuranu i dodatkowo uprawomocnia interpretację struktur zaobserwowanych w całkowitym przekroju czynnym dla cząsteczki tetrahydrofuranu. Pomiary przekrojów czynnych na rozpraszanie elektronów na cząsteczkach $c-(CH_2)_2O$ oraz $c-(CH_2)_3O$ wykonano, odpowiednio w zakresie energii od 0,7 eV do 400 eV oraz od 1 eV do 400 eV. W przekroju dla cząsteczki $c-(CH_2)_2O$ zaobserwowano silną strukturę rezonansową w okolicy 4,6 eV. Całkowity przekrój czynny dla cząsteczki $c-(CH_2)_3O$ charakteryzuje się znaczącym maksimum występującym w zakresie energii od 3 eV do 10 eV. Struktury te stowarzyszono z procesem rozpraszania rezonansowego. W przypadku obu związków, począwszy od energii 2 eV, zaobserwowano silny wzrost wartości przekroju czynnego wraz ze zmniejszającą się energią zderzenia. Jest to typowe zachowanie przekroju czynnego dla związków silnie polarnych. Odpowiednie momenty dipolowe dla $c-(CH_2)_2O$ oraz $c-(CH_2)_3O$ wynoszą 1,89 D oraz 1,94 D. Wykonałem również, obliczenia przekrojów czynnych na rozproszenie sprężyste elektronów oraz jonizację dla cząsteczek $c-(CH_2)_2O$, $c-(CH_2)_3O$ oraz dodatkowo $c-(CH_2)_5O$. Uzyskany, w oparciu o te wyniki, całkowity przekrój czynny dobrze zgadza się z wartościami uzyskanymi w eksperymencie, we wspólnym zakresie badanych energii. Wyniki prac dotyczące tych związków zostały opublikowane w artykułach H8 oraz H9. Mój udział procentowy w powstanie tych prac szacuję odpowiednio na 35% oraz 25%.

W studiach nad oddziaływaniem promieniowania jonizującego z biomaterią oczywistym jest badanie zderzeń elektronów z cząsteczką wody. Całkowite przekroje na rozpraszanie elektronów na cząsteczce wody były mierzone w naszym laboratorium

już wcześniej⁸, w zakresie energii zderzenia od 0,5 eV do 80 eV. Ze względu na znaczne rozbieżności pomiędzy danymi uzyskiwanymi przez różne grupy eksperymentalne⁹ oraz mając na uwadze rozszerzone, dzięki licznym modyfikacjom, możliwości wykorzystywanego w naszym laboratorium spektrometru elektronowego, wraz z prof. Cz. Szmytkowskim zdecydowaliśmy o powtórzeniu pomiarów dla cząsteczki H₂O oraz dodatkowo dla cząsteczki NO₂. Pomiary zostały przeprowadzone w znacznie szerszym zakresie energii od 0,5 eV do 370 eV dla cząsteczki wody oraz od 3 eV do 370 eV dla cząsteczki NO₂. Dodatkowo wykonałem obliczenia przekrojów na rozproszenie sprężyste oraz jonizację badanych związków. Na ich podstawie oszacowałem teoretyczny całkowity przekrój czynny na rozpraszanie na cząsteczkach H₂O oraz NO₂, który dla energii powyżej 70 eV całkiem dobrze odtwarza zmierzone wartości. Wyniki badań wraz z porównaniem z innymi danymi doświadczalnymi, zostały opublikowane w pracy H5. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 55%.

W latach 2007-2012 kontynuowałem, zapoczątkowane w pracach H1 oraz H2, obliczenia przekrojów czynnych na rozproszenie elektronów na analogach biocząstek. Na przełomie lat 2006/2007 wykonałem obliczenia przekrojów czynnych na jonizację dla wybranych aminokwasów: glicyny, alaniny, proliny, fenyłalaniny oraz tryptofanu, dla energii zderzenia od progu na jonizację do 4000 eV. Ich wybór był konsekwencją współpracy z profesorem Paul'em Burrow'em, w którego grupie wykonano pomiary przekrojów czynnych na dysocjacyjny wychwyt elektronów właśnie dla tej grupy związków. Uzyskane przeze mnie wyniki zostały bezpośrednio wykorzystane do procedury normalizacyjnej. W wykonanych pomiarach znany jest stosunek wydajności, produkowanych w zderzeniach z elektronami, anionów i kationów. Wydajność produkowanych kationów może być rejestrowana w funkcji energii, a ich absolutna wartość może być uzyskana poprzez normalizację do całkowitych przekrojów na jonizację. To z kolei pozwala na uzyskanie wartości przekroju na dysocjacyjny wychwyt elektronów. Wyniki obliczeń jak i eksperymentu zostały opublikowane w pracy H6. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 25-30%. W roku 2007 wykonałem obliczenia przekrojów czynnych na jonizację w zderzeniach z elektronami kwasu mrówkowego (HCOOH) oraz octowego (CH₃-COOH), dla energii od progu na jonizację do 4000 eV. Uzyskane wyniki dla kwasu mrówkowego są w bardzo dobrej zgodności z danymi doświadczalnymi Pillinga i współpracowników¹⁰. Wyniki

⁸Cz. Szmytkowski *Chem. Phys. Lett.* **136** (1987) 363

⁹Y. Itikawa and N. Mason *J. Chem. Phys. Ref. Data* **34** (2005) 1

¹⁰S. Pilling, A.C.F. Santos, W. Wolff, M.M. Sant'Anna, A.L.F. Barror, G.G.B. de Souza, N.V. de

obliczeń ukazały się w pracy H7. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 100%. W roku 2011 wraz z mgr inż. Bożeną Żywicką, obliczyłem przekroje czynne na rozproszenie sprężyste oraz jonizację cisplatyny. Związek ten był przez wiele lat i wciąż pozostaje jednym z podstawowych leków stosowanych w chemoterapii nowotworów. Wyniki badań mogą zostać wykorzystane w modelowaniu i badaniu roli elektronów wtórnych w procesie chemoterapii wspieranej radioterapią. W obliczeniach kwantowomechanicznych wykorzystaliśmy jako funkcje bazowe dla platyny bazę LanL2DZ, podczas gdy dla pozostałych atomów zostały użyte funkcje bazowe typu gausowskiego 6-311++G(2d,2p). Wyniki obliczeń struktury cisplatyny (w ramach optymalizacji geometrycznej cząsteczki w wybranej bazie na poziomie metody Hartree-Focka) są w dobrej zgodności z danymi literaturowymi. Uzyskane przekroje na jonizację elektronami cisplatyny są bardzo zbliżone do analogicznych danych dla cytozyny. Natomiast przekroje na rozproszenie sprężyste dla cisplatyny są zbliżone do przekrojów czynnych na rozproszenie sprężyste elektronów na tyminie i uracylu. Wyniki obliczeń wraz z ich analizą zostały opublikowane w pracy H11. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 75%.

Kolejnym przebadanym związkiem była cząsteczka furanu. Pomiary całkowitych przekrojów czynnych na rozproszenie elektronów na cząsteczce furanu wykonano w zakresie energii zderzenia od 0,6 eV do 400 eV. Zależność energetyczna przekroju czynnego charakteryzuje się szerokim ustrukturyzowanym maksimum rozciągającym się pomiędzy 1,2 eV i 9 eV. Dwa lokalne maksima przy 1,8 eV oraz 3,1 eV zostały stowarzyszone z rezonansami typu *shape*. Podobnie, jak w poprzednich pracach, wyniki doświadczalne zostały uzupełnione zbiorem danych teoretycznych, na który składają się całkowite przekroje na jonizację oraz całkowite przekroje na rozproszenie sprężyste. Wyniki prac, nad rozpraszaniem elektronów na cząsteczce furanu, zostały opublikowane w pracy H10. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 35%.

Ostatnią pracą, tego cyklu badań, były pomiary całkowitego absolutnego przekroju czynnego na rozproszenie elektronów na cząsteczce izoksazolu dla energii zderzenia od 1 eV do 400 eV. Silny wzrost przekroju czynnego wraz ze spadkiem energii zderzenia poniżej 4 eV jest charakterystyczny dla drobin silnie polarnych - moment dipolowy badanej cząsteczki wynosi 2,9 D. Dla niskich energii zderzenia zaobserwowano ponadto dwie struktury o charakterze rezonansowym w okolicy 1,2 eV oraz 2,7 eV, które przypisano formacji dwóch stanów rezonansowych typu *shape*, w których



padający elektron jest wychwycony do najniższego nieobsadzonego orbitalu, typu π^* , cząsteczki izoksazolu. Dla energii zderzenia powyżej 30 eV, wartości przekroju czynnego dla izoksazolu są niemal identyczne z danymi dla furanu, co można wytłumaczyć faktem, iż obie cząsteczki mają podobne rozmiary, są izoelektronowe oraz mają zbliżone wartości polaryzowalności. Wyniki eksperymentalne zostały uzupełnione obliczeniami przekrojów na rozproszenie sprężyste oraz jonizację izoksazolu, pyrołu oraz tiofenu. Sumaryczny całkowity przekrój czynny dla cząsteczki izoksazolu zadowalająco zgadza się z wynikami pomiarów. Korzystając z danych teoretycznych zaprezentowano również obliczone całkowite przekroje czynne na rozproszenie elektronów na cząsteczkach pyrołu oraz tiofenu. Wyniki uzyskane w doświadczeniu oraz dane uzyskane w obliczeniach teoretycznych opublikowano w pracy H12. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 55%.

Podsumowując, za najważniejsze wyniki prowadzonych prac uznać należy:

- pomiary absolutnych całkowitych przekrojów czynnych, w szerokim zakresie energii (1 eV - 370 eV), dla szeregu związków będących prostymi analogami składników biocząsteczek: tetrahydrofuranu, alkoholu tetrahydrofurfurylowego, wody, furanu oraz izoksazolu;
- wykonanie obliczeń przekrojów czynnych na rozproszenie sprężyste elektronów na zasadach DNA oraz RNA, tetrahydrofuranie i jego pochodnych, furanie, izoksazolu, pyrołu i tiofenu oraz wybranych aminokwasach, kwasie mrówkowym oraz octowym, w szerokim zakresie energii od 50 eV do kilku keV;
- obliczenie przekrojów czynnych na jonizację, indukowaną zderzeniami z elektronami, zasad DNA oraz RNA, tetrahydrofuranu i jego pochodnych, furanu, izoksazolu, pyrołu i tiofenu oraz wybranych aminokwasów, kwasu mrówkowego oraz octowego, dla energii od progu na jonizację do 5 keV;
- oszacowanie teoretycznego całkowitego przekroju czynnego, dla badanych związków, na podstawie obliczonych przekrojów sprężystych oraz jonizacyjnych;
- systematyczne. doświadczalne badania zależności energetycznej całkowitego przekroju czynnego na rozpraszanie elektronów na związkach o strukturze cyklicznej $c-(CH_2)_nO$, gdzie $n = 2, 3, 4$;
- zaobserwowanie wielu struktur o charakterze rezonansowym, towarzyszących rozpraszaniu elektronów z badanymi związkami.

Wyniki przeprowadzonych doświadczeń oraz prac o charakterze teoretycznym, poświęconych oddziaływaniom elektronów z analogami biocząsteczek, które prowa-

dziłem w latach 2002-2012, zostały opublikowane w cyklu artykułów naukowych H1-H12:

H1. Paweł Możejko and Léon Sanche “*Cross section calculations for electron scattering from DNA and RNA bases*” Radiat. Environ. Biophys. **42** (2003) 201-211

IF= 1.131

H2. Paweł Możejko and Léon Sanche “*Cross sections for electron scattering from selected components of DNA and RNA*” Radiat. Phys. Chem. (2005) **73** 77-84

IF= 0.725

H3. Paweł Możejko, Elżbieta Ptasińska-Denga, Alicja Domaracka and Czesław Szmytkowski “*Absolute total cross section measurements for electron collisions with tetrahydrofuran*” Phys. Rev. A **74** (2006) 012708

IF= 3.047

H4. Paweł Możejko, Alicja Domaracka, Elżbieta Ptasińska-Denga and Czesław Szmytkowski “*Total cross-section measurements for electron collisions with α -tetrahydrofurfuryl alcohol ($C_5H_{10}O_2$)*” Chem. Phys. Lett. **429** (2006) 378-381

IF= 2.462

H5. Czesław Szmytkowski and Paweł Możejko “*Electron-scattering total cross sections for triatomic molecules: NO_2 and H_2O* ” Opt. Applicata **36** (2006) 543-550

IF= 0.312

H6. A.M. Scheer, P. Możejko, G.A. Gallup and P.D. Burrow “*Total dissociative electron attachment cross sections of selected amino acids*” J. Chem. Phys. **126** (2007) 174301

IF= 3.044

H7. Paweł Możejko “*Calculations of electron impact ionization cross section for simple biomolecules: Formic and acetic acids*” Eur. Phys. J. Special Topics **144** (2007) 233-237

IF= 0.689

H8. Czesław Szmytkowski, Alicja Domaracka, Paweł Możejko and Elżbieta Ptasińska-Denga “*Electron collisions with ethylene oxide molecules*” J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **41** (2008) 065204

IF= 2.089

H9. Czesław Szmytkowski, Alicja Domaracka, Paweł Możejko and Elżbieta Ptasińska-Denga “*Electron scattering by trimethylene oxide, $c\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{O}$ molecule*” J. Chem. Phys. **130** (2009) 134316

IF= 3.093

H10. Czesław Szmytkowski, Paweł Możejko, Elżbieta Ptasińska-Denga and Agnieszka Sabisz “*Cross sections for electron scattering from furan molecules; measurements and calculations*” Phys. Rev. A **82** (2010) 032701

IF= 2.861

H11. Bożena Żywicka and Paweł Możejko “*Cross section calculations for electron impact ionization and elastic scattering from cisplatin*” Eur. Phys. J. D **66** (2012) 54

IF= 1.325

H12. Paweł Możejko, Elżbieta Ptasińska-Denga and Czesław Szmytkowski “*Cross sections for electron collision with five-membered ring heterocycles*” Eur. Phys. J. D **66** (2012) 44

IF= 1.325

Desorpcja jonów ujemnych indukowana zderzeniami niskoenergetycznych elektronów ze skondensowanymi drobinami

W czasie pobytu na stażu podoktorskim na Uniwersytecie w Sherbrooke uczestniczyłem w eksperymentalnym badaniu zjawiska desorpcji jonów ujemnych, indukowanej zderzeniami elektronów z drobinami skondensowanymi, w niskiej temperaturze ($T \sim 20$ K), na różnych powierzchniach. Badanymi związkami były kompletnie zdeuteryzowane węglowodory: CD_4 , C_2D_2 , C_2D_4 , C_2D_6 oraz C_3D_8 . Pierwsza grupa przeprowadzonych doświadczeń objęła desorpcję z wielowarstwowej powierzchni badanych związków, skondensowanych w temperaturze 20 K, na powierzchni polikrystalicznej platyny. Powierzchnie te były bombardowane monoenergetyczną ($\Delta E = 80$ meV FWHM) wiązką niskoenergetycznych elektronów (0-20 eV). Dla każdej z badanych drobin zaobserwowano desorpcję jonu deuteru D^- . Wykazaliśmy rezonansowy charakter energetycznej zależności tej desorpcji w okolicy 9 - 10 eV. Zaobserwowane struktury rezonansowe przypisano produkcji anionu deuteru w procesie rezonansowego (rezonans typu *core-excited* o charakterze rydbergowskim) dysocjacyjnego wychwytu elektronu przez badane związki. Stwierdzono znaczący efekt izotopowy - intensywność desorpcji jonu D^- z powierzchni zdeuteryzowanych węglowodorów jest niższa niż w przypadku desorpcji jonu H^- z powierzchni skondensowanych węglowodorów. Ponadto, stwierdzono silną zależność intensywności

desorpcji od krotności wiązań pomiędzy atomami węgla w badanych cząsteczkach. Proces desorpcji anionu deuteru, dla energii wyższych niż 15 eV, zinterpretowano jako wynik dysocjacji dipolarnej, w której wzbudzona cząsteczka dysocjuje na anion i kation. Wyniki tych eksperymentów zaprezentowano w pracy B1. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 40%.

Kolejne eksperymenty były naturalną konsekwencją pracy poświęconej procesom desorpcji anionu tlenu z różnych powierzchni¹¹. W latach 2002-2004 przeprowadziliśmy serię doświadczeń nad desorpcją jonów z deuteryzowanych węglowodorów skondensowanych na wielowarstwowej powierzchni kryptonu oraz amorficznego i krystalicznego lodu. Tym razem, kondensowaliśmy bardzo małe ilości badanej substancji, tak aby desorpcja zachodziła z pojedynczych drobin skondensowanych w otoczeniu różnych powierzchni. Celem eksperymentu była odpowiedź na pytanie: czy można odróżnić wpływ na wydajność i charakter desorpcji, występujących w takich warunkach, efektów wewnętrznych oraz zewnętrznych? Te pierwsze zaburzają stan rezonansowy prowadzący do dysocjacji cząsteczki w procesie wychwytu elektronu oraz stan wzbudzony prowadzący do dysocjacji dipolarnej. Druga grupa efektów zaburza oddziaływanie padających elektronów z badanym związkiem przed procesem wychwytu lub wzbudzenia oraz oddziaływanie desorbowanego anionu z otoczeniem. W wyniku przeprowadzonych systematycznych badań porównawczych wykazano, że możliwe jest odróżnienie wpływu tych efektów na proces desorpcji. Stwierdzono również silną zależność wydajności desorpcji od porowatości powierzchni. Zaproponowaliśmy i przedyskutowaliśmy szereg prostych procesów odpowiedzialnych za zaobserwowane zależności w sygnale desorbowanych anionów. Zaobserwowany spadek wydajności desorpcji, w procesie dysocyjnego wychwytu elektronu, przypisany został procesowi transferu wychwyconego, przez cząsteczkę deuteryzowanego węglowodoru, elektronu do stanów elektronowych cząsteczek otaczających badany związek. Wyniki doświadczeń, wraz z ich analizą, zostały opublikowane w pracy B2. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 35%.

B1. Paweł Możejko, Luc Parenteau, Andrew D. Bass and Léon Sanche "*D⁻ ion desorption from condensed CD₄, C₂D₂, C₂D₄, C₂D₆ and C₃D₈ molecules induced by electron impact*" Radiat. Phys. Chem. **68** (2003) 215-219

IF= 0.693

B2. Paweł Możejko, Luc Parenteau, Andrew D. Bass and Léon Sanche "*Intrinsic and extrinsic factors in anion electron stimulated desorption: D⁻ from deuterated*

¹¹M.A. Huels, L. Parenteau and L. Sanche *J. Chem. Phys.* **100** (1994) 3940

hydrocarbons condensed on Kr and water ice films" J. Chem. Phys. (2004) **121** 10181-10189

IF= 3.105

Prace o charakterze aparaturowym - modyfikacja oraz optymalizacja pracy 127° elektrostatycznego spektrometru elektronów

Na przestrzeni wielu lat, w tym także po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, pracowałem nad kolejnymi modyfikacjami stanowiska pomiarowego jak i układu kontrolno-pomiarowego elektrostatycznego spektrometru elektronów. Opracowywałem też kolejne wersje oprogramowania, służącego do kontroli procesu pomiarowego oraz zbierania i obróbki danych. Dokonywałem również optymalizacji warunków pracy układu soczewek elektrostatycznych. W ramach przygotowywania prowadzonych eksperymentów, wielokrotnie dokonywałem procedury mechanicznego oraz chemicznego czyszczenia elementów optyki elektronowej, kalibracji spektrometru oraz konserwacji i napraw jego elementów oraz dedykowanego mu stanowiska próżniowego. Część z wykonywanych prac została odzwierciedlona w publikacji naukowej C1, poświęconej konstrukcji, warunkom pracy oraz właściwościom używanego w naszej grupie spektrometru elektronów¹². Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 25%.

C1. Czesław Szmytkowski and Paweł Możejko "Spectrometer for the study of electron-assisted processes" Vacuum **63** (2001) 549-554

IF= 0.541

Oddziaływanie elektronów z drobinami wieloatomowymi - pomiary i obliczenia przekrojów czynnych

Bezpośrednio po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, kontynuowałem prace poświęcone oddziaływaniom elektronów z drobinami wieloatomowymi. Uczestniczyłem aktywnie w pomiarach i analizie wyników pomiarów absolutnych przekrojów czynnych na rozpraszanie elektronów na cząsteczkach WF_6 , C_2F_6 oraz C_3F_6 . Podobnie jak dla wcześniej przebadanych cząsteczek SF_6 oraz C_6F_6 zaobserwowaliśmy bardzo szerokie maksimum główne w zmierzonych przekrojach czynnych rozciąg-

¹²Warto w tym miejscu zaznaczyć, że procedura doświadczalnego wyznaczania całkowitego przekroju czynnego, dla jednego związku, z reguły zajmuje od trzech do sześciu miesięcy samych pomiarów. Na początku roku 2008 nasze laboratorium uległo częściowemu zniszczeniu poprzez poważne zalanie pomieszczenia oraz aparatury wodą. Odbudowa i doprowadzenie spektrometru do pracy zajęły około półtora roku, co znacząco wpłynęło na dynamikę prowadzonych przez nas badań pod koniec pierwszej dekady XXI wieku.

jące się do 80 eV. Wyniki zostały opublikowane w pracach D1, D3 oraz D4. Mój udział procentowy w powstanie tych prac szacuję odpowiednio na 20%, 35% oraz 25%.

Innymi badanymi związkami była cząsteczka disilanu, Si_2H_6 oraz cząsteczki trójatomowe H_2S oraz SO_2 . Wyniki tych pomiarów opublikowane zostały, odpowiednio w pracy D2 oraz D6. Mój udział procentowy w powstanie tych prac szacuję odpowiednio na 30% oraz 35%.

W roku 2002 opublikowaliśmy pracę podsumowującą oraz prezentującą wyniki obliczeń przekrojów czynnych na rozproszenie sprężyste elektronów na wybranych drobinach o symetrii tetraedrycznej, prowadzone w latach 1998-2001. Całkowite przekroje czynne na rozproszenie sprężyste obliczone zostały w zakresie energii od 20 eV do 2000 eV. Różniczkowe przekroje czynne wyznaczone zostały dla wybranych energii zderzenia (40 eV, 60 eV, 100 eV, 300 eV oraz 400 eV) w pełnym zakresie kątów rozpraszania. Związki, dla których wykonano te obliczenia to: SiH_4 , SiF_4 , SiCl_4 , SiBr_4 , SiI_4 , GeH_4 , GeF_4 , GeCl_4 , GeBr_4 oraz GeI_4 . Zobserwowano bardzo dobrą zgodność uzyskanych wyników z dostępnymi wynikami prac doświadczalnych oraz teoretycznych. W roku 2004 oraz 2005 prowadziłem również obliczenia, przekrojów czynnych na rozproszenie sprężyste oraz jonizację, dla wybranych drobin wieloatomowych takich jak SF_4 oraz NF_3 . Wyniki obliczeń uzupełniały i rozszerzały wyniki uzyskane w pomiarach całkowitych absolutnych przekrojów czynnych na rozproszenie elektronów o energiach z zakresu od 0,1 eV do 400 eV. Wyniki tych prac opublikowane zostały w artykułach D5, D7 oraz D8. Mój udział procentowy w powstanie tych prac szacuję, odpowiednio na 65%, 15% oraz 25%.

Kolejne eksperymenty poświęcone były rozpraszaniu elektronów na związkach SO_2ClF oraz SO_2Cl_2 . W wyniku przeprowadzonych pomiarów uzyskaliśmy całkowity przekrój czynny na rozpraszanie elektronów na cząsteczkach SO_2ClF oraz SO_2Cl_2 , odpowiednio w zakresie energii od 0,6 eV do 370 eV oraz 0,5 eV do 150 eV. Dla drobin SO_2ClF przekrój czynny charakteryzuje się: silnym wzrostem wartości dla energii niższych od 2 eV (typowym dla cząsteczek polarnych), małym maksimum rezonansowym w okolicy 2,2 eV oraz maksimum głównym występującym w przekroju w okolicy 9,5 eV. Podobne zachowanie przekroju czynnego uzyskano dla związku SO_2Cl_2 , dla którego przekrój czynny ma strukturę rezonansową pomiędzy 3 eV i 5 eV, a główne maksimum występuje przy 9,5 eV. Wyniki naszych badań eksperymentalnych rozszerzone zostały o obliczenia przekrojów czynnych na sprężyste rozproszenie elektronów oraz jonizację badanych drobin, w zakresie energii do

4 keV. Dodatkowo wykonałem podobne obliczenia dla drobiny SO_2F_2 , dla której nie prowadziliśmy badań eksperymentalnych. Uzyskane w wyniku obliczeń całkowite przekroje czynne zadowalająco zgadzają się z wynikami pomiarów. Wyniki pomiarów oraz obliczeń opublikowano w pracach D9 i D10. Mój udział procentowy w powstanie tych prac szacuję odpowiednio na 35% oraz 30%.

Odrębną grupę przebadanych związków stanowiły cząsteczki o symetrii C_{3v} : $\text{B}(\text{CD}_3)_3$, $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ oraz $\text{P}(\text{CH}_3)_3$. Pomiary całkowitych przekrojów czynnych wykonaliśmy w zakresie energii od 0,4 eV dla $\text{P}(\text{CH}_3)_3$ oraz $\text{B}(\text{CD}_3)_3$ i 0,8 eV dla $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ do 400 eV. Dla każdej z badanych drobin, całkowity przekrój czynny ma jedno silne maksimum. Proces rozproszeniowy jest najbardziej wydajny dla drobiny $\text{P}(\text{CH}_3)_3$, podczas gdy dla drobin $\text{B}(\text{CD}_3)_3$ oraz $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ ma wartości zbliżone w całym zakresie badanych energii. W ramach prowadzonych prac obliczyłem również przekroje czynne na rozproszenie sprężyste i jonizację badanych związków, w szerokim zakresie energii. Wyniki obliczeń przekrojów czynnych, na wspomniane wyżej procesy parcjalne, wykorzystane zostały do wyznaczenia całkowitych teoretycznych przekrojów czynnych dla energii od 50 eV do 3 keV. Zaobserwowaliśmy zadowalającą zgodność zmierzonych oraz obliczonych całkowitych przekrojów czynnych. Wyniki badań opublikowane zostały w pracach D11, D12 oraz D13. Mój udział procentowy w powstanie tych prac szacuję odpowiednio na 30%, 35% oraz 35%.

W roku 2011 brałem aktywny udział w pomiarach całkowitego przekroju czynnego na rozpraszanie elektronów na cząsteczce heksafluoroacetonu. Całkowity przekrój czynny został zmierzony dla energii od 1 eV do 400 eV. Funkcja przekroju czynnego ma znaczące maksimum ulokowane pomiędzy 2 eV i 28 eV. W okolicy 3,6 eV, 8,5 eV oraz 17 eV widoczne są delikatne, ale powtarzalne w kolejnych seriach pomiarowych, struktury. Bazując na wynikach eksperymentów poświęconych wychwytowi dysocjacyjnemu zaobserwowane niskoenergetyczne struktury można częściowo przypisać temu procesowi. W doświadczalnych badaniach wychwyty dysocjacyjnego, przy 3,2 eV zaobserwowano tworzenie następujących anionów: F^- , CF_3^- , CF_3CO^- oraz $\text{CF}_3\text{COCF}_2^-$. Zaś przy energii zderzenia równej 6 eV zarejestrowano jedynie jony F^- oraz CF_3^- . Maksimum, występujące przy 8,5 eV przypisaliśmy występowaniu wielu słabych, ale nakładających się, procesów o charakterze rezonansowym oraz procesów bezpośrednich. Powyżej 30 eV całkowity przekrój czynny ponownie rośnie wraz ze wzrostem energii i osiąga maksimum przy 50 eV. Struktura ta przypisana została znaczącemu wpływowi atomów fluoru, obecnych w cząsteczce, na procesy zderzeniowe, zwłaszcza w kanałach sprężystych oraz jonizacyjnych, przy tych energiach zderzenia. Wykonałem również obliczenia przekrojów czynnych na sprężyste

rozproszenie elektronów na cząsteczkach heksafluoroacetonu i acetonu oraz przekroju na jonizację indukowaną zderzeniami elektronów z tymi cząsteczkami. Dla energii zderzenia wyższych od 70 eV, uzyskane na podstawie obliczeń, całkowite przekroje czynne pozostają w dobrej zgodności z wynikami pomiarów. Wyniki pomiarów oraz obliczeń zostały opublikowane w pracy D14. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 50%.

W ostatnim czasie rozpoczęliśmy, w zespole, serię eksperymentów, w których w sposób systematyczny wyznaczamy przekroje czynne dla cząsteczek wybranych izomerycznych związków węgla i wodoru. W pierwszej kolejności wykonaliśmy pomiary przekrojów czynnych na rozpraszanie elektronów na drobinach 1-buteny $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ oraz 2-metylpropenu $\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ w zakresie energii, odpowiednio od 1 eV do 400 eV oraz 1 eV do 350 eV. Dla obu związków zaobserwowaliśmy, w energetycznej zależności przekroju czynnego, lokalne maksimum o charakterze rezonansowym, położone wokół 2,3 eV oraz szerokie maksimum w pobliżu 8 eV. Pierwszą z zaobserwowanych struktur, dla obu związków, można wytłumaczyć procesem rozpraszania rezonansowego, w którym padający elektron wychwytywany jest do jednego z nieobsadzonych poziomów energetycznych cząsteczki. Powstały w ten sposób jon ujemny może ulec samoistnemu rozpadowi lub zdysocjować na jon ujemny i fragment neutralny. Taki π^* stan rezonansowy w okolicy 2 eV, w którym powstawał jon C_4H_8^- , był obserwowany w eksperymentach poświęconych wychytowi dysocjacyjnemu elektronów przez 1-buten oraz 2-metylpropen. Maksimum przy 8 eV występuje w przekrojach czynnych wielu związków. Jest ono wynikiem rozpraszania sprężystego oraz wielu nakładających się procesów niesprężystych, w tym także procesów o charakterze rezonansowym. Dla energii wyższych od 50 eV funkcjonalna zależność od energii przekroju czynnego jest identyczna dla obu przebadanych związków, a wartości przekroju są takie same co tłumaczymy podobnymi rozmiarami obu izomerów oraz zbliżonymi wartościami elektrycznego momentu dipolowego i polaryzowalności. Te ostatnie wielkości fizyczne znacząco wpływają na długozasięgową część oddziaływania pomiędzy rozpraszającym elektronem a cząsteczką, w zakresie energii średnich i wysokich. Wyniki tych eksperymentów zostały opublikowane w pracy D15. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 45%.

Wyniki prac poświęconych badaniu oddziaływania elektronów z drobinami wieloatomowymi, w tym pomiarów i obliczeń przekrojów czynnych, zostały opublikowane w następujących artykułach naukowych:

- D1. Czesław Szmytkowski, Paweł Możejko, Grzegorz Kasperski and Elżbieta Ptasińska-Denga “*Electron scattering from hexafluoride molecules: WF_6 and C_2F_6 . Absolute total cross section measurements from 1 to 250 eV*” J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **33** (2000) 15–22
IF= 2.332
- D2. Czesław Szmytkowski, Paweł Możejko and Grzegorz Kasperski “*Electron scattering from disilane (Si_2H_6) molecules. Absolute total cross section measurements from 1 to 370 eV*” J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **34** (2001) 605-12
IF= 2.460
- D3. Czesław Szmytkowski, Paweł Możejko and Stanisław Kwitnewski “*Electron-hexafluoropropene (C_3F_6) scattering at intermediate energies*” J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **35** (2002) 1267-1274
IF= 1.969
- D4. Czesław Szmytkowski, Stanisław Kwitnewski, Paweł Możejko and Elżbieta Ptasińska-Denga “*Low-energy electron-hexafluoropropene (C_3F_6) scattering*” Phys. Rev. A **66** (2002) 014701
IF= 2.986
- D5. Paweł Możejko, Bożena Żywicka-Możejko and Czesław Szmytkowski “*Elastic cross section calculations for electron collisions with XY_4 ($X=Si, Ge$; $Y=H, F, Cl, Br, I$) molecules*” Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B **196** (2002) 245-252
IF= 1.158
- D6. Czesław Szmytkowski, Paweł Możejko and Andrzej Krzysztofowicz “*Measurements of absolute total cross sections for electron scattering from triatomic polar molecules: SO_2 and H_2S* ” Radiat. Phys. Chem. **68** (2003) 307-311
IF= 0.693
- D7. Czesław Szmytkowski, Alicja Domaracka, Paweł Możejko, Elżbieta Ptasińska-Denga, Łukasz Kłosowski, Michał Piotrowicz and Grzegorz Kasperski “*Electron collisions with nitrogen trifluoride (NF_3) molecules*” Phys. Rev. A **70** (2004) 032707-1–032707-7
IF= 2.902
- D8. Czesław Szmytkowski, Alicja Domaracka, Paweł Możejko, Elżbieta Ptasińska-Denga and Stanisław Kwitnewski “*Electron scattering by sulfur tetrafluoride (SF_4) molecules*” J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **38** (2005) 745-755
IF= 1.913



D9. Czesław Szmytkowski, Paweł Możejko, Stanisław Kwitnewski, Elżbieta Ptasińska-Denga and Alicja Domaracka “*Cross sections for electron scattering from sulfonyl chloride fluoride (SO_2ClF) molecules*” J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **38** (2005) 2945-2954

IF= 1.913

D10. Czesław Szmytkowski, Paweł Możejko, Stanisław Kwitnewski, Alicja Domaracka and Elżbieta Ptasińska-Denga “*Electron collision with sulfonyl chloride (SO_2Cl_2) molecule*” J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **39** (2006) 2571-2581

IF= 2.024

D11. Alicja Domaracka, Paweł Możejko, Elżbieta Ptasińska-Denga and Czesław Szmytkowski “*Electron collision with $B(CD_3)_3$ molecules*” J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **39** (2006) 4289-4299

IF= 2.024

D12. Czesław Szmytkowski, Alicja Domaracka, Paweł Możejko and Elżbieta Ptasińska-Denga “*Collisions of electrons with trimethylamine $N(CH_3)_3$* ” Phys. Rev. A **75** (2007) 052721

IF= 2.893

D13. Alicja Domaracka, Paweł Możejko, Elżbieta Ptasińska-Denga and Czesław Szmytkowski “*Collisions of electrons with trimethylphosphine $P(CH_3)_3$ molecules*” Phys. Rev. A **76** (2007) 042701

IF= 2.893

D14. Czesław Szmytkowski, Paweł Możejko and Elżbieta Ptasińska-Denga “*Electron-scattering from hexafluoroacetone molecules: cross section measurements and calculations*” J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **44** (2011) 205202

IF= 1.875

D15. Paweł Możejko, E. Ptasińska-Denga, Czesław Szmytkowski and Mateusz Zawadzki “*Scattering of electrons from 1-butene, $H_2C=CHCH_2CH_3$, and 2-methylpropene, $H_2C=C(CH_3)_2$, molecules*” J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **45** (2012) 145203

IF= 1.875

Summary impact factor, according to the list of Journal Citation Reports (JCR), according to the year of publication, of my scientific publications, amounts to **75,685**. Total number of citations of my works, according to the attached report, without taking into account self-citations, amounts to **347** and the Hirsch index according to the Web of Science database is equal to **13**.

Staż podoktorski, który odbyłem w grupie prof. Léona Sanche, zaowocował nie tylko zainteresowaniem nową tematyką badawczą. W jego wyniku nabyłem praktyczne umiejętności pracy z układami kriogenicznymi, oraz układami ultra wysokiej próżni, opartymi na kombinacji pomp kriogenicznych, jonowo-sorpcyjnych oraz turbomolekularnych oraz współczesnymi metodami spektrometrii masowej. Prace związane z tematyką oddziaływań elektronów z analogami biodrobin są przeze mnie kontynuowane. W połowie 2012 roku zainicjowałem i przeprowadziłem, wraz ze współpracownikami, eksperyment poświęcony rozpraszaniu elektronów na drobinach kwasu mrówkowego. Wyniki tego doświadczenia, w szczególności zmierzone całkowite przekroje czynne na rozpraszanie elektronów, o energiach z zakresu od 1 eV do 300 eV na drobinach HCOOH, zreferowałem na międzynarodowej konferencji VII WAMP (Jurata, 2012). Manuskrypt publikacji jest w przygotowaniu. Na rok 2013 planuję przeprowadzenie kolejnych pomiarów całkowitych przekrojów czynnych na rozpraszanie elektronów, tym razem na drobinach kwasu octowego. Od końca 2010 roku projektuję, kompletuję i przygotowuję stanowisko pomiarowe dedykowane badaniom oddziaływań niskoenergetycznych elektronów ze związkami molekularnymi w fazie skondensowanej, w tym oczywiście z prostymi analogami biocząsteczek. Budowa nowego stanowiska pomiarowego finansowana jest poprzez grant Dziekana WFTiMS przyznany w 2010 roku oraz dotacje DS. Kontynuuję również, wraz ze współpracownikami, systematyczne badania oddziaływania elektronów z izomerycznymi związkami węgla i wodoru. W pierwszej połowie 2012 roku wykonaliśmy pomiary całkowitych przekrojów czynnych na rozpraszanie elektronów na cząsteczce 1-pentenu ($\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$), a obecnie prowadzimy pomiary dla cząsteczki 1-butynu. Opracowane wyniki pomiarów dla cząsteczki 1-pentenu zostały zgłoszone do druku w J. Phys. B.

6. Seminaria oraz wykłady i prezentacje konferencyjne

W latach 1994-2012 wygłosiłem następujące wykłady w ramach seminariów oraz konferencji międzynarodowych

- "Fizyka zderzeń. I. Teoria klasyczna." - seminarium katedralne, KLM, WFTiMS, Politechnika Gdańska, 17 listopad 1994
- "Fizyka zderzeń. I. Teoria klasyczna - zastosowania" - seminarium katedralne, KLM, WFTiMS, Politechnika Gdańska, 19 styczeń 1995
- "Zderzenia Elektronów z drobinami XY_4 ($\text{X} = \text{Si}, \text{Ge}$; $\text{Y} = \text{H}, \text{F}, \text{Cl}$)" - seminarium katedralne, KLiOE, WFTiMS, Politechnika Gdańska, 29 kwietnia 1997

- “Obliczenia przekrojów czynnych na rozproszenie elektronów na drobinach wieloatomowych” - seminarium katedralne, KLiOE, WFTiMS, Politechnika Gdańska, 26 luty 1999
- “Recent progress in absolute total cross section measurements for electron scattering from molecular targets at low and intermediate energy range” - wykład na konferencji CEPAS, Uzhgorod 2000
- “Elastic cross section calculations for electron scattering on polyatomic molecular targets: XY_4 ($X = C, Si, Ge; Y = H, F, Cl$), XF_6 ($X = S, W, U$), C_2F_6 and C_6Y_6 ($Y = H, F$)” - wykład na konferencji CEPAS, Uzhgorod 2000
- “Absolute total cross section measurements for electron scattering from molecular targets at low and intermediate energy range” - seminarium katedralne Department of Nuclear Medicine and Radiobiology, University of Sherbrooke, 5 październik 2001
- “Anions desorption induced by low-energy electron collisions with condensed molecules” - seminarium wydziałowe, WFTiMS, Politechnika Gdańska 4 marzec 2005
- “Low energy electron-initiated ion-molecule reactions of the DNA deoxyribose analogues” wykład na konferencji IV LEEMI, Smolenice 2005
- “Anions desorption induced by low-energy electron collisions with condensed molecules- seminarium, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, 15 grudzień 2005
- “Przekroje czynne na rozpraszanie elektronów na biodrobinach” - seminarium wydziałowe, WFTiMS, Politechnika Gdańska, 22 grudzień 2006
- “Total cross sections for electron scattering from molecules of applied interest” - wykład konferencyjny, 1st meeting of WG2, Chemical Control by Electron-Induced Molecular Fragmentation, University of Bremen, 30 październik 2007
- “O pewnych oddziaływaniach elektronów z drobinami” - seminarium wydziałowe, WFTiMS, Politechnika Gdańska, 12 czerwiec 2009
- “A short story about total cross section” - wykład, Scattering Day, Politechnika Gdańska, 3 Grudzień 2010
- “Low-energy electron collisions with formic acid” - wykład na konferencji VII WAMP - Jurata 2012

Brałem również czynny udział w wielu międzynarodowych oraz krajowych konferencjach naukowych prezentując na nich wyniki badań w formie komunikatów,

Proszę

plakatów oraz wystąpień¹³:

- XXXII Zjazd Fizyków Polskich, Kraków 1993 - uczestnik
- 28th EGAS Conference - *European Group on Atomic Systems Conference*, Graz 1996 - trzy plakaty
- 29th EGAS Conference - *European Group on Atomic Systems Conference*, Berlin 1997 - jeden plakat
- XXth ICPEAC - *International Conference on the Physics of Electronic and Atomic Collisions*, Wien 1997 - dwa plakaty
- 6th ECAMP - *EPS Conference on Atomic and Molecular Physics*, Siena 1998 - dwa plakaty
- 1st FAMO - Spotkanie Sekcji Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optyki, Toruń 1998 - jeden plakat
- 12th SAPP - *Symposium on Application of Plasma Processes*, Liptovsky Jan 1999 - dwa plakaty
- 2nd FAMO - Spotkanie Sekcji Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optyki, Toruń 1999 - trzy plakaty
- 32th EGAS Conference - *European Group on Atomic Systems Conference*, Vilnius 2000 - dwa plakaty
- CEPAS 2000 - *Conference on Elementary Processes in Atomic Physics*, Uzhgorod, 2000 - jeden wykład, jedno wystąpienie
- LEEMI IV - *Negative Ions Experiment and Theory*, Smolenice 2005 - jedno wystąpienie, jeden plakat
- VIth WAMP - *Workshop on Atomic and Molecular Physics*, Jurata 2006 - dwa plakaty
- 1st meeting of WG2, COST Action CM0601, Chemical control by electron-induced molecular fragmentation, Bremen 2007 - jeden wykład
- 41st EGAS Conference - *European Group on Atomic Systems Conference*, Gdańsk 2009 - uczestnik oraz członek Komitetu Organizacyjnego
- Scattering Day, Gdańsk 2010 - jeden wykład, dwa plakaty
- XLI Zjazd Fizyków Polskich, Lublin 2011 - dwa plakaty

¹³Szczegółowa lista komunikatów konferencyjnych umieszczona jest w załączniku "Lista publikacji".



- VIIth WAMP - *Workshop on Atomic and Molecular Physics*, Jurata 2012 - jedno wystąpienie, dwa plakaty

7. Nagrody, stypendia, projekty badawcze oraz staże naukowe

Za osiągnięcia w pracy badawczej zostałem, w roku 1999, wyróżniony stypendium Fundacji na rzecz Nauki Polskiej - Stypendium Krajowe FNP'99 oraz byłem nagradzany przez JM Rektora Politechniki Gdańskiej nagrodami: indywidualną II stopnia w 2001 roku, zespołową I stopnia w 2000, 1998 oraz 1996 roku. JM Rektor Politechniki Gdańskiej nagradzał również moją działalność dydaktyczną nagrodami indywidualnymi II stopnia w 2000 i 1997 roku oraz III stopnia w 1998 i 1995 roku. W roku 2002 otrzymałem trzyletnie stypendium Canadian Institutes of Health Research (na lata 2002-2005) - Canadian Institutes of Health Research Fellowship.

Byłem uczestnikiem i wykonawcą w następujących projektach badawczych, finansowanych przez Komitet Badań Naukowych, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Canadian Institutes of Health Research, Trójmiejską Akademicką Sieć Komputerową oraz Wydział FTiMS PG:

- PB 317/P03/96/11 "Oddziaływania elektronów z drobinami i atomami w procesie zderzenia" VI 1996 - XII 1998 - (kierownik grantu prof. dr hab. Czesław Szmytkowski) - wykonawca
- PB 0540/P03/98/14 "Zderzenia elektronów z quasisferycznymi drobinami wieloatomowymi" (**grant promotorski**) I 1998-VI 1999 - (kierownik grantu prof. dr hab. Czesław Szmytkowski) - główny wykonawca
- PB 2P03B 017 17 "Oddziaływania elektronów w zderzeniach z drobinami wieloatomowymi" VII 1999 - 2001 - (kierownik grantu prof. dr hab. Czesław Szmytkowski) - wykonawca
- "Secondary electron damage to DNA and its constituents" 01/05/2002-30/04/2005 - grant w ramach stypendium na staż podoktorski - beneficjent oraz wykonawca
- 0231/B/H03/2008/35 N204 023135 "Badania foto- i radioreaktywności cząstek DNA modyfikowanych pochodnymi halogenowymi zasad nukleinowych. Studia eksperymentalne i kwantowomechaniczne" 2008-2011 - (kierownik grantu prof. dr hab. Janusz Rak) - główny wykonawca
- "Pomiary przekrojów na wychwyt ładunku przez skondensowane drobiny" 11/2010 - projekt kontynuowany - Grant Dziekana WFTiMS - kierownik projektu

- “Obliczenia przekrojów czynnych na rozpraszanie elektronów na drobinach wieloatomowych” 2005 - projekt kontynuowany - grant obliczeniowy, Trójmiejska Akademicka Sieć Komputerowa (TASK) - kierownik projektu

Byłem wykonawcą oraz uczestnikiem w ramach programów współpracy międzynarodowej oraz konsorcjów i sieci badawczych:

- Współpraca naukowa w ramach Dwustronnej Umowy Międzynarodowej Polska-Włochy, 1994-1998 - współpraca międzynarodowa pomiędzy Politechniką Gdańską a Uniwersytetem w Trydencie - uczestnik i wykonawca
- SF COST Action CM061, Electron Controlled Chemical Lithography ECCL, 28/03/2007-14/05/2011 - uczestnik projektu i członek grupy WG2 - Chemical control by electron induced molecular fragmentation

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora odbyłem dwa krótkie staże naukowe w grupie profesora dr Antonio Zecci na Uniwersytecie w Trydencie, zaś po uzyskaniu stopnia doktora spędziłem trzy i pół letni staż podoktorski w grupie profesora Léona Sanche na Uniwersytecie w Sherbrooke:

- 8/07-10/08 1996 - Fisica Atomica, Dipartimento di Fisica, Università degli studi di Trento, Włochy
- 5/08-5/10 1996 - Fisica Atomica, Dipartimento di Fisica, Università degli studi di Trento, Włochy
- 9/2001-4/2005 - Department of Nuclear Medicine and Radiobiology, Faculty of Medicine, University of Sherbrooke, (Québec) Kanada

Jestem recenzentem dla czasopism naukowych o zasięgu międzynarodowym. Od roku 2000 do chwili obecnej zrecenzowałem około 28 prac dla następujących periodyków naukowych:

- Journal of Physics B (IOP)
- Measurements Science and Technology (IOP)
- Physica Scripta (IOP)
- Journal of Applied Physics (IOP)
- Physics Letters A (Elsevier)
- Radiation and Environmental Physics (Springer)

8. Działalność dydaktyczna i popularyzatorska oraz członkostwo w towarzystwach naukowych:

Jako pracownik Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej prowadziłem wszystkie formy zajęć dydaktycznych, począwszy od zajęć laboratoryjnych, poprzez ćwiczenia rachunkowe, na wykładach kończąc. Zajęcia te prowadziłem dla studentów wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, kierunku Fizyka Techniczna i Matematyka Stosowana oraz studentów wydziału Zarządzania i Ekonomii oraz Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki. Spośród prowadzonych przeze mnie zajęć wymienić należy wykłady "Fizyka atomu i cząsteczki I", "Fizyka atomu i cząsteczki II", "Mechanika klasyczna", "Metody fizyczne w biologii i medycynie" oraz "Planowanie i analiza eksperymentu". Warto zaznaczyć, że ostatni z wymienionych wykładów prowadziłem po raz pierwszy pod nazwą "Metody opracowania pomiarów" w roku akademickim 1997/1998, ponownie już jako "Planowanie i analiza eksperymentu" w roku akademickim 2000/2001, a następnie nieprzerwanie od roku akademickiego 2006/2007 do chwili obecnej. Na uwagę zasługują również zgłoszone przeze mnie i wybrane przez studentów następujące wykłady obieralne: "Spektroskopia zderzeń elektronowych - zderzenia elektronów z drobinami biologicznie czynnymi" 2005/2006, "Kwantowa teoria zderzeń" 2009/2010 oraz dwukrotnie "Podstawy chemii kwantowej" 2008/2009 oraz 2010/2011. Dla studentów Wydziału Zarządzania i Ekonomii specjalności Zarządzanie Inżynierskie oraz studentów WFTiMS specjalności Matematyka Stosowana oraz Matematyka Finansowa, począwszy od roku akademickiego 2011/2012, prowadzę jednosemestralny wykład "Fizyka Techniczna". Prowadziłem również szereg ćwiczeń rachunkowych z przedmiotów "Mechanika kwantowa" (1994/1995), "Fizyka atomu i cząsteczki" (1997/98, 1998-1999, 1999/2000), "Fizyka techniczna" dla studentów Wydziału Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki oraz Wydziału Zarządzania i Ekonomii 1994/1995, 1997/1998, 1998/1999 oraz "Planowanie i analiza eksperymentu" 1999/2000, 2000/2001, 2005/2006, 2006/2007. W latach 1994-2000 oraz 2005-2012 prowadziłem zajęcia laboratoryjne do przedmiotu "Fizyka atomu i cząsteczki" oraz zajęcia laboratoryjne w ramach *I Pracowni Fizycznej* dla studentów wydziałów Zarządzania i Ekonomii, Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki oraz Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej. W semestrze letnim, roku akademickiego 2012/2013, poprowadzę dwa wykłady specjalistyczne, dla studentów ostatniego semestru II stopnia specjalności *Fizyka Stosowana*, zatytułowane "Fizyka zderzeń elektronowych" oraz "Teoria rozpraszania".

Byłem promotorem, zakończonych obroną, dziewięciu prac inżynierskich oraz siedmiu prac magisterskich. W trakcie realizacji, pod moją opieką, są trzy prace



inżynierkie oraz jedna praca magisterska. Trzech, spośród moich magistrantów kontynuuje karierę naukową w ramach studiów doktoranckich (Międzywydziałowe Środowiskowe Studium Doktoranckie przy Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej; Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika, PAN w Warszawie oraz na Open University w Milton Kynes, Wielka Brytania). Recenzowałem sześć prac magisterskich dyplomantów kierunku Fizyka Techniczna. Byłem również trzykrotnie opiekunem indywidualnego toku studiów studentów kierunku Fizyka Techniczna.

W ramach działalności popularyzatorskiej, 16 kwietnia 2011 roku, wygłosiłem autorski wykład dla młodzieży szkolnej zatytułowany: "Elektron w fizyce". W maju 2011 oraz 2012 roku wraz z panią mgr inż. Bożeną Żywicką przygotowałem pokazy eksperymentów fizycznych dla dzieci, w ramach festynu "Mama, Tata i Ja" w Szkole Podstawowej w Baninie. W roku akademickim 2010/2011 oraz 2011/2012 przygotowywałem prezentację specjalności "Fizyka Stosowana" oraz Katedry Fizyki Atomowej i Luminescencji w ramach *Dni Otwartych* Politechniki Gdańskiej. Moja działalność popularyzatorska będzie systematycznie kontynuowana. W najbliższym czasie¹⁴ wygłoszę wykład dla młodzieży gimnazjalnej i licealnej, organizowany przez Oddział Gdański Polskiego Towarzystwa Fizycznego, zatytułowany "Czego można się dowiedzieć rozpraszając elektrony? ".

Od 1993 roku jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

9. Działalność organizacyjna:

Po podjęciu pracy na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej wraz z panem Grzegorzem Kasperskim, rozpocząłem prace nad organizacją studenckiej pracowni Laboratorium fizyki atomu i cząsteczki". W chwili obecnej jestem opiekunem (kierownikiem) tego laboratorium. W roku akademickim 1999/2000 byłem opiekunem studentów pierwszego roku kierunku Fizyka Techniczna. W roku 2008 zostałem wybrany przedstawicielem grupy zawodowej "pozostali nauczyciele akademicy" do Rady Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, kadencji 2008-2012. W roku 2012 zostałem ponownie wybrany jako członek Rady Wydziału WFTiMS na kadencję 2012-2016. Biorę czynny udział w pracach Wydziałowej Komisji do Spraw Nagród oraz Wydziałowej Komisji do Spraw Podziału DS dla Młodych Pracowników Naukowych. Pod koniec roku 2011 zostałem wybrany przewodniczącym Wydziałowej Komisji Wyborczej i wraz z pozostałymi członkami tej komisji, przeprowadziłem wybory na naszym wydziale na kadencję 2012-2016. Trzykrotnie

¹⁴19 stycznia 2013



pełniłem funkcję sekretarza na kolokwiah habilitacyjnych (Instytut Fizyki, UMK 1999, WFTiMS, Politechnika Gdańska 2011, 2012).

Aktywnie działałem jako członek lokalnego komitetu organizacyjnego dwóch międzynarodowych konferencji naukowych: CEPAS 2002 - "2nd Conference on the Elementary Processes in Atomic Systems" oraz EGAS 2009 - "41st European Group on Atomic Systems Conference" organizowanych na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechniki Gdańskiej. Wraz z panią mgr inż. Elżbietą Ptasińską-Denga współorganizowałem sympozjum naukowe "Scattering Day", dedykowane prof. dr hab. Czesławowi Szmytkowskiemu w związku z jego 70 rocznicą urodzin i przejściem na emeryturę. Jednodniowa sesja naukowa, złożona z dwóch sesji plenarnych oraz sesji plakatowej, odbyła się na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechniki Gdańskiej dnia 15 października 2010 roku. Obecnie jestem członkiem Komitetu Organizacyjnego konferencji 2nd Nano-IBCT (Nanoscale insights into Ion Beam Cancer Therapy), która ma się odbyć w maju 2013 roku w Centrum Konferencyjnym, Politechniki Gdańskiej w Sopocie.

Pracuję, jako pomysłodawca i wykonawca, nad internetową bazą przekrojów czynnych na rozproszenie niskoenergetycznych elektronów na drobinach wieloatomowych. Na koniec 2012 roku planuję uruchomienie wersji testowej pod adresem: <http://www.mif.pg.gda.pl/homepages/paw/ECS/database.html>.

Wersja docelowa, z pełnym zakresem danych, planowana jest na koniec drugiego kwartału 2013 roku. Baza danych zawierać ma dane dotyczące przekrojów czynnych na rozpraszanie elektronów na drobinach wieloatomowych, ze szczególnym uwzględnieniem wyników doświadczalnych i teoretycznych uzyskanych w naszej grupie.

