



Dr hab. Ewa Dryzek
prof. IFJ PAN

RECENZJA

osiągnięć i dorobku naukowego dr. Marka Pietrowa
w postępowaniu habilitacyjnym w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w
dyscyplinie nauki fizyczne,
zatytułowanym:

**„Badanie wpływu oddziaływania pary $e^+ - e^-$ z materią w okolicy wolnych
objętości w ośrodku skondensowanym na tworzenie atomu pozytu”**

wykonana na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Fizyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie z dnia 15.11.2021 roku zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity Dz.U. z 2021 r. poz.478 z dnia 16.03.2021 roku).

Podstawą oceny był komplet dokumentów związanych z postępowaniem habilitacyjnym w wersji elektronicznej przesłanych mi pocztą na nośniku danych.

Recenzja będzie składać się z następujących punktów: sylwetki naukowej habilitanta, oceny osiągnięć naukowych, oceny pozostałego dorobku naukowego, oceny działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej oraz współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym oraz wniosku końcowego.

1. Sylwetka naukowa dr. Marka Pietrowa

Pan dr Marek Pietrow uzyskał tytuł magistra w dyscyplinie nauki fizyczne w 1998 roku na Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu im. Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Jego praca magisterska dotyczyła modeli sypkich ośrodków granularnych. W tym czasie rozpoczął pracę jako pracownik naukowy w Instytucie Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk im. B. Dobrzańskiego w Lublinie, gdzie pracował przez trzy lata. Następnie został zatrudniony na stanowisku asystenta najpierw w Katedrze Fizyki Teoretycznej w Zakładzie Fizyki Matematycznej, a następnie w Zakładzie Metod Jądrowych Instytutu Fizyki UMCS w

Lublinie. Kolejnym etapem w rozwoju naukowym Habilitanta było otrzymanie stopnia doktora w dyscyplinie nauki fizyczne na Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki UMCS w Lublinie w 2008 roku na podstawie dysertacji *"Tworzenie pozytu w węglowodorach i ich pochodnych"*. Od tego czasu Habilitant pracuje na stanowisku adiunkta w Zakładzie Metod Jądrowych, po zmianie nazwy Katedrze Fizyki Materiałowej, Instytutu Fizyki UMCS w Lublinie. Na podkreślenie zasługuje fakt, że podczas kolejnych etapów rozwoju kariery naukowej zainteresowania i podejście Habilitanta do podejmowanej tematyki badawczej łączą zastosowanie zarówno metod teoretycznych jak i eksperymentalnych do badanych zagadnień.

2. Ocena osiągnięcia naukowego.

Jako osiągnięcie naukowe pt. „*Badanie wpływu oddziaływania pary e^+e^- z materią w okolicy wolnych objętości w ośrodku skondensowanym na tworzenie atomu pozytu*”, Pan dr Marek Pietrow przedstawił cykl dziewięciu powiązanych tematycznie prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora (lista A) oraz listę dwóch prac opublikowanych przed uzyskaniem stopnia doktora (lista B). Wszystkie prace zostały opublikowane w czasopiśmie, które znajdują się na liście JCR (Journal Citation Reports). Dwie spośród nich [A3] i [A4] są pracami własnymi habilitanta. Opisują one zaproponowane przez niego modele teoretyczne. W przypadku pozostałych publikacji, za wyjątkiem pracy [B2], jest on pierwszym współautorem i autorem korespondencyjnym. Jego udział w powstaniu tych prac, opisany szczegółowo w załącznikach do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego, tj. w Wykazie Osiągnięć, obejmował przygotowanie koncepcji badań, przeprowadzenie obliczeń w przypadku prac teoretycznych, koordynowanie i w dużej części wykonanie badań eksperymentalnych, analizę otrzymanych wyników, która niejednokrotnie wymagała przygotowania dedykowanych temu celowi programów komputerowych, interpretację wyników oraz przygotowanie manuskryptów. Weryfikacja eksperymentalna modeli teoretycznych wymagała współpracy z innymi naukowcami, jednak wyraźnie widać, że pomysłodawcą zaproponowanych badań eksperymentalnych jest Habilitant. Część prac to prace konferencyjne opublikowane w czasopiśmie JRC. Są one jednak niezbędne do uzyskania całościowego obrazu przedstawionego osiągnięcia.

Celem badań, przedstawionym w Autoreferacie, jest poznanie zjawisk zachodzących podczas tworzenia pozytu, tj. stanu związanego elektronu i pozytonu, w materii skondensowanej. Jak podkreśla Habilitant, obecnie stosowane przybliżone modele, opisujące pozyt jako cząstkę w studni potencjału, mają charakter klasyczny lub półklasyczny, podczas

gdy w rzeczywistości w trakcie tworzenia pozytu mają miejsce oddziaływania wielociałowe elektronu i pozytonu z otaczającym ośrodkiem. Zatem stworzenie dokładniejszego modelu może mieć wpływ na interpretację wyników powszechnie stosowanych metod pomiarowych spektroskopii anihilacji pozytonów. Nie mniejsze znaczenie ma aspekt poznawczy prowadzonych badań, w tym określenie warunków energetycznych tworzenia pozytu, nowatorskie podejście do opisu ewolucji pary pozyton elektron w ośrodku i wynikająca z niego możliwość emisji fotonu podczas tworzenia pozytu. Stanowi to podstawę zaproponowanego przez Habilitanta eksperymentu z użyciem powolnych pozytonów. Całości dopełniają zagadnienia dotyczące dekoherencji stanu pary elektron-pozyton oraz rozważania teoretyczne odnośnie pułapek elektronowych w alkanach. Te ostatnie wiążą się z badaniami eksperymentalnymi dotyczącymi wyznaczania głębokości pułapek elektronowych w alkanach zrealizowanymi za pomocą gaszenia światłem natężenia orto-pozytu, co nie jest koncepcją nową, jednak jak podkreśla Habilitant, zaproponowano tutaj nowy sposób pomiaru i zastosowano szereg metod komplementarnych.

Sposób przedstawienia osiągniętych wyników w autoreferacie nie odpowiada kolejności pozycji na liście A (która nie jest chronologiczna). Jako pierwsze zostały zaprezentowane zagadnienia teoretyczne ujęte w pracach [A7], [A4] i [A3]: dekoherencja stanu pary pozyton-elektron, numeryczny model pułapkowania elektronu i pozytonu w materii skondensowanej oraz kwantowy opis pary elektron-pozyton w ośrodku za pomocą modelu ekscytonowego. Wydaje się jednak, że bardzo interesujące byłoby np. ujęcie bardziej chronologiczne przedstawiające sposób dojścia do osiągniętego przez habilitanta celu, pokazujące proces stawiania pytań i poszukiwania odpowiedzi.

Praca [A7] jest chronologicznie jedną z wcześniejszych prac na liście A. Zawiera ona dyskusję dotyczącą możliwości tworzenia superpozycji stanów spinowych orto i para podczas tworzenia pozytu, kiedy to według modelu kleksowego słabo oddziałująca para elektron-pozyton (nazwana przez Habilitanta pre-pozytem) przechodzi do lokalnej objętości swobodnej i tworzy zlokalizowany atom pozytu. Obliczony czas dekoherencji superpozycji stanów zależy od liczby elektronów oddziałujących z pozytem i przyjmuje wartości od kilkunastu do kilkudziesięciu pikosekund wraz z malejącą liczbę elektronów. Habilitant optymistycznie sugeruje możliwość detekcji dekoherencji superpozycji stanów spinowych pozytu przy polepszeniu czasowej zdolności rozdzielczej aparatury, co umożliwiłoby np. dokładniejszą analizę widma czasu życia pozytonów. Oczywiście nie można wykluczyć przełomu w elektronice, ale nawet jeśli nie będzie miał on miejsca, to warto podkreślić sam fakt zwrócenia uwagi na zjawisko dekoherencji stanów spinowych pozytu podczas jego

tworzenia również z uwzględnieniem wpływu pola magnetycznego, w kontekście badań podstawowych. Nie zostały jednak wskazane materiały, w których można byłoby poszukiwać opisanego efektu, a efekt pola magnetycznego, czy to wewnętrznego czy zewnętrznego na mieszanie stanów spinowych utworzonego pozytu jest znany i opisany. Nie zmienia to jednak faktu zastosowania przez Habilitanta nowatorskiego podejścia do problemu tworzenia pozytu.

Praca [A4] przedstawia, jak to określa Habilitant, numeryczny model pułapkowania elektronów i pozytonów w kryształach molekularnych n -alkanów. Zdanie to opisuje jednak tylko część uzyskanych wyników odnośnie lokalizacji elektronów i pozytonów w pułapkach w niepolarnym ośrodku. Model pozwala również wyciągnąć wnioski dotyczące warunków energetycznych tworzenia pozytu. Obliczenia bazują na metodzie CDM (z ang. *Coupled Dipole Method*) i biorą pod uwagę oddziaływania dipol-dipol wyindukowanych dipoli (zdefiniowanych przez polaryzowalność ośrodka) z polem zewnętrznym, którego źródłem jest rozpatrywany elektron lub pozyton. Uzyskana energia wiązania elektronów w pułapce leży w zakresie wartości otrzymanych w eksperymencie. Kolejnym wnioskiem dotyczącym pułapek elektronowych jest stwierdzenie, że mogą się one tworzyć dynamicznie i nie muszą być związane z przestrzeniami międzylamelarnymi w strukturze krystalicznej alkanów, a raczej z obecnością nieliniowych konformerów w strukturze krystalicznej. Zmniejszanie się energii wiązania zlokalizowanego ładunku ze zwiększającą się wraz z temperaturą liczbą nieliniowych konformerów koreluje ze stopniowym opróżnianiem pułapek elektronowych potwierdzonym eksperymentalnie.

Zaproponowany przez Habilitanta model pozwala również na obliczenie energii elektronu lub pozytonu w pobliżu objętości swobodnej w niepolarnym ośrodku biorąc pod uwagę jego polaryzowalność, która jest głównym źródłem oddziaływania pozytonu i elektronu w alkanach. Określenie pracy wyjścia pozytonu lub elektronu z ośrodka do objętości swobodnej i porównanie energii pary elektron-pozyton w ośrodku i pary, która tworzy pozyt w objętości swobodnej pozwoliło wyciągnąć wnioski dotyczące warunków energetycznych tworzenia pozytu. Jednym z ważniejszych wniosków wypływających z zastosowanego modelu jest możliwość deekscytacji fotonowej podczas tworzenia pozytu i oszacowanie wartości energii uwolnionej w tym procesie, która wynosi ok. 0,3 eV. Zaproponowany mikroskopowy model i obliczenia numeryczne pozwoliły uzyskać bardzo interesujące wyniki pomimo, że całe zagadnienie jest rozpatrywane w ujęciu niekwantowym. Wykazanie możliwości emisji fotonów podczas tworzenia pozytu otwiera nowy obszar badań. Stanowi on jednak duże wyzwanie dla eksperymentatora.

Trzecia z prac teoretycznych [A3] zawiera w pełni kwantowy opis pary elektron-pozyton w objętości swobodnej oparty na modelu ekscytonu w kropce kwantowej. W pracy tej została wyznaczona energia wiązania pary elektron-pozyton w objętości swobodnej, która zależy od wielkości tej objętości. Energia ta dąży do wartości energii wiązania pozytu w próżni dla wzrastających promieni objętości swobodnych. Jednakże, ważnym wnioskiem wynikającym z tego opisu jest to, że w ogólności pozyt w objętości swobodnej nie może być utożsamiany z pozytem w próżni. Na jego energię wiązania ma wpływ nie tylko rozmiar objętości swobodnej lecz także własności dielektryczne ośrodka. Pewien niedosyt pozostawia brak bezpośredniego przełożenia, jak to wpływa na szybkość anihilacji, co może wynikać z ograniczeń modelu, ale mogłoby to przyczynić się do znacznie szerszego odbioru tego rodzaju publikacji. Niewątpliwie bardzo ważnym osiągniętym wynikiem jest stwierdzenie, że podczas przejścia od kwasi-swobodnej pary pozyton-elektron w ośrodku do pozytu w objętości swobodnej wzbudzenia fononów nie są w stanie przejąć nadmiarowego pędu ze względu na brak modów podłużnych, co wspiera hipotezę o możliwości emisji fotonu podczas tworzenia pozytu w objętości swobodnej postawioną w pracy [A4].

Pozostałe prace na liście A oraz dwie prace z listy B są pracami doświadczalnymi. Prace zostały podzielone na dwie grupy. Pierwsza z nich dotyczy właściwości pułapek elektronowych w alkanach, druga badania emisji światła podczas tworzenia pozytu. W pierwszej grupie dwie prace z listy B dotyczą badań pułapek elektronowych w alkanach przeprowadzonych za pomocą spektroskopii czasu życia pozytonów (PALS – z ang. *Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy*), które zostały przeprowadzone jeszcze w ramach pracy doktorskiej Habilitanta i są częścią badań prowadzonych w grupie badawczej, której był członkiem. Z wcześniejszych prac wynika, że możliwość zastosowania tej metody pomiarowej bazuje na założeniu, że intensywność składowej orto-pozytu w widmie PALS zależy głównie od koncentracji spułapkowanych nadmiarowych elektronów w próbce. O pułapkowaniu świadczy schodkowa zmiana natężenia orto-pozytu w funkcji temperatury obserwowana, kiedy próbka nie jest oświetlona, podczas gdy dla próbki oświetlonej ten efekt nie występuje (prace [B1] i [B2]).

Jak to zostało wysunięte w pracy [A9], schodkowy charakter otrzymanych zależności temperaturowych intensywności orto-pozytu potwierdza istnienie dwóch rodzajów pułapek elektronowych. W pracy tej zastosowano oświetlanie próbki światłem o różnej długości fali, co pozwoliło wyznaczyć energię najpłytszych pułapek. Powiązano również zmiany głębokości pułapek ze zmianami strukturalnymi zachodzącymi w badanych alkanach. Praca [A8] zawiera systematyczną analizę głębokości pułapek w zależności od długości łańcucha i

parzystości alkanu. Istnienie dwóch rodzajów pułapek zostało stwierdzone dla alkanów o łańcuchach zawierający więcej niż 30 atomów węgla. Oba rodzaje pułapek elektronowych mają podobną naturę, co może wynikać z charakterystycznej lamelarnej struktury kryształów molekularnych tworzonych przez alkany. Praca [A6] przedstawia między innymi wyniki szczegółowych badań dla alkanu C₃₆ i mieszanin zawierających alkany o różnej długości łańcuchów. Podano zakres energii fotonów, które powodują częściowe opróżnianie pułapek elektronowych dla alkanu C₃₆, widoczne jako obniżenie intensywności orto-pozytu. Z badań tych wynika, że spektrum energetyczne pułapek elektronowych jest dyskretne. Po wyłączeniu oświetlenia pułapki elektronowe ponownie się napełniają w podobny sposób w kolejnych cyklach, co było już wcześniej stwierdzone, np. w pracy [B1]. Badania mieszanin zawierających alkany o różnej długości łańcuchów pomogły powiązać centra pułapkujące elektrony ze strukturą krystaliczną alkanów. Podsumowując eksperymentalne badania alkanów przy użyciu PALS, których wyniki zawarte są w pracach [B1], [B2], [A6], [A8] i [A9], należy podkreślić, że został zgromadzony bardzo obszerny materiał, który z jednej strony pozwolił na co najmniej częściową weryfikację zaproponowanych modeli teoretycznych, a z drugiej strony stanowi podwalinę pozwalającą na rozszerzenie warsztatu badawczego o metody komplementarne.

Prace [A1] i [A5] skupiają się na związku morfologii form krystalicznych alkanów z obecnością i właściwościami pułapek elektronowych. Jak wspomniano powyżej, badania te zostały rozszerzone przez zastosowanie innych metod pomiarowych, takich jak spektroskopia UV-Vis, spektroskopia bliskiej podczerwieni, spektroskopia fluorescencyjna i ramanowska, elektronowy rezonans spinowy oraz pomiary fotoakustyczne. W badaniach UV-Vis zaobserwowano zbieżność zakresu energetycznego maksimów absorpcyjnych, z zakresem energii kwantów światła używanych do gaszenia natężenia orto-pozytu w trakcie pomiarów PALS. Istotnym wnioskiem wyciągniętym przez Habilitanta jest, że słabo związane elektrony w strukturze alkanów będące źródłem tychże maksimów absorpcyjnych mogą być utożsamiane z obecnością spułapkowanych elektronów wywierających wpływ na prawdopodobieństwo tworzenia Ps w tych związkach. Stwierdzono również związek różnych form morfologicznych alkanu ze zróżnicowaniem widm absorpcji, świadczącym o wpływie przygotowania próbki na koncentrację i głębokość pułapek elektronowych. Zbadano możliwości ładowania pułapek elektronowych podczas krystalizacji alkanu oraz oddziaływanie na nie innych czynników innych niż promieniowanie emitowane ze źródła pozytonów, tj. zewnętrznego pola elektrycznego i magnetycznego oraz światła spolaryzowanego.

Praca [A2] zawiera wyniki eksperymentu, którego celem było zweryfikowanie postawionej przez Habilitanta hipotezy dotyczącej emisji światła w trakcie tworzenia pozytu. Eksperyment został przeprowadzony przy użyciu wiązki powolnych pozytonów MePS ELBE w Helmholtz Zentrum w Dreźnie w Niemczech. Należy podkreślić, że jego realizacja była możliwa po uzyskaniu akceptacji złożonego wniosku, uzyskanej na drodze konkursu. Eksperyment polegał na rejestracji pojedynczych fotonów w koincydencji z kwantami anihilacyjnymi przy odpowiednio dobranym natężeniu i częstotliwości pulsowania wiązki. Jego celem było wyznaczenie liczby kwantów światła przypadających na jeden pozyton tworzący pozyt w stosunku do liczby kwantów przypadających średnio na jeden pozyton (także ten nie tworzący pozytu). Jest to związane z faktem, że fotony mogą powstać w procesie deekscytacji wzbudzonych przez pozyton molekuł oraz według postawionej hipotezy w procesie tworzenia pozytu. Pomiar przeprowadzono dla dwóch materiałów: alkanu (oktanosanu) i krzemionki porowatej, dla których przewidziano różne zachowanie pozytu np. ze względu na jego czas życia związany z miejscem utworzenia i anihilacji (objętości swobodne w strukturze vs pory), czy możliwość migracji pozytu do powierzchni. Zaprojektowanie nowatorskiego eksperymentu i opracowanie uzyskanych danych pomiarowych stanowiło wyzwanie, ze względu na szereg czynników, które mogły wpłynąć na uzyskane wyniki. Został np. uwidoczniony udział składowych pochodzących z anihilacji pozytu na powierzchni próbki, którego powstanie ze względów energetycznych nie musi generować kwantu światła w przewidzianym zakresie energii. Niestety nie udało się w sposób bezsporny wykazać obecności fotonów światła związanych z tworzeniem pozytu, ale otrzymane wyniki stanowią solidne przesłanki do dalszych badań. Zostały wskazane przez Habilitanta zagadnienia wymagające dodatkowej analizy, takie jak uwzględnienie tworzenia pozytu przez niestermalizowane pozytony. Należy wspomnieć, że ze względu na swój pionierski charakter praca [A2] została wyróżniona przez edytora czasopisma *Physical Chemistry Chemical Physics*.

Podsumowując, w mojej opinii osiągnięcie naukowe Habilitanta zasługuje na pozytywną ocenę zarówno w aspekcie przedmiotowym jak i formalnym. Szczególną uwagę zwraca nowatorskie podejście do badanych zagadnień. Otrzymane wyniki uważam za niezwykle cenne w odniesieniu do istniejącego stanu wiedzy dotyczącej zaprezentowanej tematyki. Przedstawione do oceny osiągnięcie pokazuje, że Pan dr Marek Pietrow realizuje w sposób jasny i konsekwentny swoje założenia naukowe. Kieruje nim potrzeba głębszego zrozumienia badanych procesów. Przedstawiony do oceny cykl publikacji stanowi pewną

całość, ale wskazane są również kierunki jego kontynuacji. Uważam, że recenzowane osiągnięcie naukowe całkowicie spełnia warunki stawiane rozprawom habilitacyjnym.

3. Pozostały dorobek i aktywność naukowa.

Według Wykazu Osiągnięć na całokształt dorobku naukowego habilitanta składa się 23 publikacje przy liczbie cytowań na poziomie 101, co generuje indeks Hirscha 7. Sumaryczny Impact Factor publikacji wynosi 38,071. Według bazy Scopus z dnia 28.01.2022 liczba publikacji Pana dr. Marka Pietrowa wzrosła do 24, a liczba cytowań do 105.

Habilitant nie wykazuje w dorobku dłuższych staży zagranicznych. Wymienione są dwa krótkie pobyty: udział w szkole Erasmusa w Lionie we Francji i pobyt w ZIBJ w Dubnej w Rosji. Jednak po zakończeniu studiów w latach 1997 – 2000 zatrudniony był w Instytucie Agrofizyki PAN im. B. Dobrzańskiego w Lublinie, gdzie zajmował się m.in. modelami procesu usypywania złoża materiału granularnego opartymi na równaniu Schrödingera. W związku z tym spełnia wymóg wykazywania się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej. Przed uzyskaniem stopnia doktora jego zainteresowania naukowe skupiały się początkowo na modelach ewolucji obiektów kwantowych i układów fizycznych w czasie a następnie po całkowitej zmianie tematyki na badaniach eksperymentalnych alkanów i innych substancji za pomocą spektroskopii anihilacji pozytonów. Ta ostatnia tematyka była kontynuowana po uzyskaniu stopnia doktora i rozszerzona np. o badania PALS, których przedmiotem były ludzkie tkanki nowotworowe.

Obok osiągnięć naukowych w formie publikacji Pan dr Marek Pietrow przedstawił szereg dopełniających informacji o swojej działalności naukowej. Był członkiem komitetów organizacyjnych dziewięciu konferencji międzynarodowych i krajowych oraz dwukrotnie był redaktorem materiałów konferencyjnych wydanych w czasopismach *Nukleonika* i *Acta Physica Polonica A*. Brał czynny udział w jedenastu konferencjach międzynarodowych i trzynastu krajowych na których kilkakrotnie wygłaszał referaty na zaproszenie organizatorów. Był wykonawcą w dwóch projektach krajowych finansowanych przez MNiSW i Narodowe Centrum Nauki. Był kierownikiem projektu dotyczącego realizacji eksperymentu w Helmholtz Zentrum w Dreźnie w Niemczech oraz projektu dotyczącego „Konstrukcji urządzenia do badania zafałszowań wosku pszczelego” objętego wsparciem przedwdrożeniowym wyników badań naukowych i prac rozwojowych w ramach ”Inkubatora Innowacyjności 2.0”

W konkluzji oceny aktywności badawczej i pozostałego opublikowanego dorobku naukowego Pana dr. Marka Pietrowa stwierdzam, że w związku z wykazaniem istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni i instytucji naukowej spełniające one wymagania stawiane wnioskowi o przyznanie stopnia doktora habilitowanego.

4. Działalność dydaktyczna, popularyzatorska oraz współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym

W zakresie działalności dydaktycznej Habilitant był promotorem trzech prac licencjackich. Prowadził szereg zajęć konwersatoryjnych, laboratoryjnych i wykładów dla studentów fizyki i kierunków pokrewnych (UMCS), m. in. Mechanika kwantowa, Metody numeryczne, Metody obliczeniowe w fizyce, Analiza funkcjonalna, Równania różniczkowe, Fizyka, Podstawy Fizyki, Fizyka Jądrowa, Metody obliczeniowe, Elementy Programowania Komputerowego. Prowadził także zajęcia w ramach kilku projektów współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. Był zaangażowany w dwa projekty badawczo-edukacyjne wchodzące w zakres popularyzacji nauki.

Na szczególną uwagę zasługuje działalność Pana dr. Marka Pietrowa w dziedzinie współpracy z sektorem gospodarczym. Habilitant, zdobywszy wszechstronne doświadczenie w badaniach alkanów, zastosował poznane metody pomiarowe do badań wosków pszczelich. Badania te były prowadzone we współpracy z grupą biologów i biofizyków zajmujących się wpływem zafałszowań wosków na biologię rodziny pszczoł. Zaowocowały one opracowaniem metody odróżniania naturalnego wosku pszczelego od wosków domieszkowanych innymi substancjami. W wyniku tych badań zostało opracowane urządzenie Waxo służące do szybkiego wykrywania zafałszowań wosków. Urządzenie to podlega ochronie patentowej na podstawie trzech zgłoszeń w Urzędzie Patentowym RP oraz trzech zgłoszeń międzynarodowych PCT. Uzyskało ono również wiele nagród w tym dyplomy Ministra Edukacji i Nauki a także Ministra Funduszy i Polityki Regionalnej oraz złote medale na targach poświęconych wynalazkom i innowacjom. Urządzenie zostało szeroko rozpropagowane w mediach ogólnopolskich i branżowych. Według informacji zawartych w Autoreferacie urządzenie Waxo jest na najwyższym, 9 poziomie gotowości technologicznej. Na obecnym etapie zostało ono już wykorzystane do wykonania szeregu ekspertyz.

Reasumując, Pan dr Marek Pietrow wykazał znaczną aktywność dydaktyczną, popularyzatorską a w szczególności dotyczącą współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym.

5. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę ocenę przedstawionego cyklu publikacji, dorobek naukowy oraz ocenę działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej oraz współpracę z otoczeniem społecznym i gospodarczym, stwierdzam, iż Pan dr Marek Pietrow spełnia wymogi Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i wnioskuję o nadanie Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.