

prof. dr hab. Mirosław Chorążewski,
Lider Zespołu badawczego *Zastosowań Termodynamiki*
Instytut Chemii
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Uniwersytet Śląski w Katowicach

Katowice, dn. 20 marca 2026 r

RECENZJA

osiągnięcia naukowego „*Bilans energii i termodynamika stanów stacjonarnych*” oraz całokształtu dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Pana dr. Karola Makucha (Makuch) w związku z postępowaniem w sprawie nadania mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne

1. Sylwetka Habilitanta

Pan dr Karol Makuch ukończył studia na Wydziale Fizyki, Uniwersytetu Warszawskiego, uzyskując w 2005 roku tytuł magistra fizyki na podstawie pracy magisterskiej pt. „Efektywny propagator dla układów z indukowanymi źródłami oddziaływania”. Stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki w tej samej jednostce w 2011 roku broniąc z wyróżnieniem rozprawę pt. „Czynnik hydrodynamiczny i efektywne współczynniki transportu zawieszin cząstek sferycznych.”(rozprawa doktorska *cum laude*).

Habilitant w okresie 2005 – 2011 odbył studia doktoranckie na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, a następnie został na okres lat 2011 – 2015 zatrudniony w tej samej jednostce na stanowisku post-doc, wykonawca lub kierownik w grantach naukowych. Od 01.12.2015 do nadal jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie.

2. Ocena rozprawy habilitacyjnej

Przedmiotem rozprawy habilitacyjnej Pana dra Karola Makucha (Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk) jest cykl dziewięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych przedstawiony do recenzji wraz z Autoreferatem pt. „*Bilans energii i termodynamika stanów stacjonarnych*”, których przedmiotem są badania nad termodynamiką nierównowagowych stanów stacjonarnych. Jak oświadcza Habilitant na wstępie Autoreferatu motywacją do podjęcia badań w tym obszarze była potrzeba naukowa sformułowania opisu termodynamiki stanów nierównowagowych albo zrozumienie, dlaczego taki opis nie istnieje. Tak sformułowana idea naukowa to niewątpliwie ważne zagadnienie badawcze i świadczy o dojrzałości naukowej kandydata do stopnia doktora



habilitowanego, a jej rozwiązanie stanowi znaczny wkład w rozwój nauk chemicznych w obszarze specjalności chemia fizyczna i termodynamika.

Analiza danych bibliograficznych przedstawionych do oceny prac składających się na cykl habilitacyjny pozwala ustalić, że każdy artykuł został opublikowany w prestiżowych zarówno dla dyscypliny, jak i wyodrębnionej w jej ramach specjalności naukowej – chemia fizyczna i termodynamika – periodykach naukowych takich, jak Physical Review, Journal of Chemical Physics, Entropy, Physics of Fluids, wycenianych na liście czasopism punktowanych MNiS na 100 i 140 punktów oraz wycenianym wg współczynnika IF w przedziale 2.1 do 4.1.

Habilitant w 5 z 9 prac uzyskał status autora korespondującego (tzw. gwiazdkowego w P4, P5, P8 i P9), jednocześnie legitymując się w pracach P8 i P9 statusem autora pierwszego, a z kolei w przypadku prac P4 i P5 oświadczenia współautorskie oraz strony tytułowe publikacji poświadczają, że w projektowaniu badań i poczynieniu ustaleń naukowych rola kandydat do stopnia naukowego była znacząca i zarazem równorzędna dla równorzędnego pierwszego autora prof. dr. hab. Roberta Holysta (tzw. dzielone pierwsze autorstwo oparte na *equal contributions*). W kolejnych pracach składających się na cykl, a to P6 i P7, Habilitant odegrał kluczową rolę w wiodących dla przedmiotu ich ustaleń aspektach badań. W powstawaniu prac P1, P2 i P3 rola Habilitanta była równorzędna dla pozostałych współautorów, równocześnie przyczyniając się do rozwiązania oryginalnego problemu badawczego przezeń postawionego.

Podobny obraz znaczącej, a w wielu aspektach także wiodącej roli Habilitanta w sformułowaniu i rozwiązaniu problemu badawczego będącego przedmiotem oceny w niniejszym postępowaniu można wywieść z analizy oświadczeń współautorskich dołączonych do publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego. Oświadczenia te pozwalają określić zakres jego zaangażowania zarówno w tworzenie koncepcji badań, jak i w realizację poszczególnych etapów pracy naukowej.

Z przedstawionych dokumentów wynika, że Habilitant w wielu przypadkach uczestniczył w opracowaniu koncepcji badawczej oraz interpretacji fizycznej otrzymanych wyników. Dotyczy to w szczególności prac z cyklu habilitacyjnego [H1–H8], w których podkreślono jego znaczący wkład w rozwijanie teoretycznego opisu procesów termodynamicznych oraz formułowanie relacji wynikających z globalnego bilansu energii. W publikacjach tych wskazuje się na jego rolę w rozwijaniu podejścia wykorzystującego globalny bilans energii do opisu układów znajdujących się w stanie stacjonarnym poza równowagą oraz w interpretacji wyników w kontekście ogólnych zależności termodynamicznych. Oświadczenia współautorskie wskazują również, że Habilitant brał aktywny udział w analizie wyników badań oraz przygotowaniu kolejnych wersji manuskryptów, w tym w odpowiedziach na uwagi recenzentów. Jednocześnie część zadań technicznych, takich jak wykonywanie symulacji numerycznych czy przygotowanie niektórych elementów ilustracyjnych, realizowana była przez innych współautorów, co zostało jednoznacznie wskazane w analizowanych dokumentach.

W części prac inicjatywa koncepcyjna miała charakter zespołowy lub pozostawała w związku z programem badawczym realizowanym w grupie kierowanej przez prof. Roberta Holysta. Tego rodzaju sytuacja jest jednak typowa dla współczesnych badań w naukach ścisłych, w których rozwój problemu naukowego następuje w ramach zespołów badawczych, a wkład poszczególnych autorów obejmuje komplementarne elementy procesu badawczego. Jak podkreśla literatura dotycząca zasad atrybucji autorstwa prac naukowych, prowadzenie badań w zespołach zakłada współlistnienie wkładu koncepcyjnego, analitycznego i interpretacyjnego różnych członków zespołu badawczego, przy czym istotną rolę odgrywa zarówno lider/kierownik grupy badawczej, jak i współpracujący z nim badacze rozwijający poszczególne aspekty problemu naukowego.

Z tej perspektywy współpracę Habilitanta z prof. Robertem Holystem należy interpretować jako przykład prawidłowo funkcjonującego (wzorcowego) modelu mentoringu naukowego, charakterystycznego dla współczesnej praktyki badawczej. W modelu tym ogólny kierunek badań wyznaczany jest w ramach programu badawczego zespołu, natomiast jego rozwinięcie, formalizacja oraz interpretacja wyników stają się domeną poszczególnych badaczy. Analiza oświadczeń współautorskich wskazuje, że dr Karol Makuch w wielu pracach pełnił właśnie taką rolę, rozwijając koncepcje teoretyczne oraz nadając im własny, twórczy wkład w postaci nowych ujęć formalnych i interpretacyjnych.

Na szczególne podkreślenie zasługuje również fakt, że w najnowszych publikacjach wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego ([H8] oraz [H9]) rola Habilitanta w kształtowaniu koncepcji teoretycznych jest jeszcze wyraźniejsza, a w pracy [H9] występuje on jako jedyny autor, rozwijając samodzielnie problem dostosowania pierwszej zasady termodynamiki do opisu przepływów konwekcyjnych. Fakt ten stanowi ważne potwierdzenie jego rosnącej samodzielności badawczej.

Podsumowując analizę oświadczeń współautorskich należy stwierdzić, że dr Karol Makuch był istotnym współtwórcą koncepcji naukowej prezentowanych badań oraz jednym z głównych autorów ich części teoretycznej i interpretacyjnej. Jego wkład obejmował przede wszystkim rozwijanie modeli teoretycznych, analizę fizyczną wyników oraz współtworzenie ostatecznej postaci publikacji. W mojej ocenie przedstawione materiały jednoznacznie wskazują, że Habilitant nie był jedynie współuczestnikiem badań prowadzonych w ramach zespołu, lecz aktywnie rozwijał ich część koncepcyjną i teoretyczną. Uważam zatem, że dorobek przedstawiony w cyklu prac [H1–H9] potwierdza samodzielność naukową Habilitanta oraz jego zdolność do formułowania i rozwijania własnych problemów badawczych, co stanowi jedną z kluczowych przesłanek pozytywnej oceny dorobku w postępowaniu habilitacyjnym.

Przechodząc do oceny wartości merytorycznej osiągnięcia naukowego stwierdzić należy, że główną koncepcją przedstawioną przez autora w niniejszej pracy habilitacyjnej jest rozważanie niestacjonarnych procesów termicznych przez analogię do klasycznego formalizmu termodynamicznego, ale z uwzględnieniem jedynie lokalnych lub globalnych stanów stacjonarnych, zamiast zakładania globalnej równowagi

termodynamicznej. Szczegółowa analiza wartości merytorycznej prac składających się na oceniany cykl habilitacyjny prowadzi do wniosku o dojrzałość naukowej kandydata do stopnia doktora habilitowanego. Dowodzi umiejętności prawidłowego postawienia problemu naukowego i następnie jego metodycznego rozwiązywania w kolejnych pracach składających się na ten cykl. Mianowicie przedmiot prac składających się na oceniany cykl habilitacyjny podejmuje i rozwiązuje następujące zagadnienia szczegółowe:

P1: W artykule przeanalizowano układ gazu doskonałego zamkniętego w komorze przedzielonej ruchomą ścianką, uwzględniając obecność przepływu ciepła powodującego powstanie niejednorodnego rozkładu temperatury. Sytuacji tej nie można traktować jako gazu znajdującego się w stanie równowagi globalnej. Analizę zmodyfikowano jednak poprzez przyjęcie równowagi lokalnej oraz wprowadzenie dodatkowego parametru – źródła ciepła – pełniącego rolę dodatkowej zmiennej w modelu. Jego uwzględnienie prowadzi do opisu „quasi-termodynamicznego”, w którym formalnie energia wewnętrzna i energia swobodna mogą być analizowane z perspektywy teorii układów dynamicznych w rozszerzonej przestrzeni parametrycznej. To podejście, przypominające układ dynamiczny, które pozwala na występowanie termomechanicznych stanów stacjonarnych i przejść między nimi, stanowi główny wartościowy wynik niniejszej pracy.

P2: Niniejsza praca stanowi kontynuację i rozszerzenie wyników przedstawionych w artykule P1. W niniejszym badaniu sytuacja modelowa została nieco urealniona: eksperyment myślowy ze ścianką oddzielającą dwie części pudła został zastąpiony bardziej praktycznym (przynajmniej w teorii) przypadkiem przepływu Poiseuille'a. W tym układzie profile temperatury, ciśnienia i prędkości tworzą stan stacjonarny, a główne wyniki polegają na zbadaniu jego wpływu na strukturę funkcji energii wewnętrznej.

P3. Niniejszy artykuł stanowi podsumowanie podcyklu badań tworzącego pierwszą część pracy habilitacyjnej. W porównaniu z poprzednimi badaniami, opiera się on bardziej na hydrodynamicznym toku rozumowania, w którym odchylenia wielkości termodynamicznych traktowane są przede wszystkim jako lokalnie indukowane termodynamicznie dodatki do ogólnego obrazu hydrodynamicznego.

P4. Artykuł ten rozpoczyna nową serię badań, które w przeciwieństwie do P1–P3, koncentrują się przede wszystkim na termodynamicznym, a nie hydrodynamicznym języku matematycznego opisu rozpatrywanej sytuacji fizycznej. Głównym badanym zagadnieniem jest to, czy możliwe jest zachowanie „standardowej reprezentacji” praw termodynamiki w postaci pełnych różniczek i potencjałów, przy jednoczesnym przedefiniowaniu ich znaczenia poprzez wprowadzenie dodatkowych parametrów uwzględniających istnienie różnych temperatur w układzie. Jako reprezentatywny przykład przyjęto gaz doskonały, ponieważ jego energia swobodna i inne potencjały termodynamiczne są znane w sposób jednoznaczny dla przypadku równowagi. Kluczowym wkładem niniejszej pracy jest wykazanie, że wprowadzenie dodatkowych zmiennych, np. dwóch temperatur w różnych częściach układu nierównowagowego, pozwala na wyrażenie praw termodynamiki w tej samej postaci różniczkowej, co w stanie równowagi. Z punktu widzenia fizyki matematycznej i formalnych

matematycznych podstaw termodynamiki, jest to wynik mocny i nietrywialny. Choć „entropia nierównowagowa” wprowadzona w pracy zachowuje się inaczej niż jej klasyczny odpowiednik, a głębokie wyjaśnienie jej rzeczywistego znaczenia fizycznego wydaje się otwartym pytaniem, przedstawione ramy matematyczne dają nadzieję na dalsze ciekawe wyniki w tym obszarze.

P5. Niniejsza praca podąża tą samą ścieżką, którą zastosowano w pierwszym podcyklu artykułów. Model oparty na gazie doskonałym z P4 został tutaj rozszerzony na przypadek gazu van der Waalsa, który uwzględnia oddziaływania międzycząsteczkowe w warunkach przepływu ciepła. Wykazano, że formalizm obejmujący przededefiniowane zmienne termodynamiczne pozostaje ważny również w tym przypadku. Godnym uwagi wynikiem niniejszego badania jest wykazanie, że relacje Maxwella są spełnione dla zmiennych zdefiniowanych celem opisu sytuacji nierównowagowej. Odkrycie to jest istotne, ponieważ z termodynamicznego formalnego punktu widzenia, relacje te są ściśle określone przez strukturę różniczkową, a ich zachowanie potwierdza matematyczną spójność zaproponowanego modelu.

P6. Artykuł ten stanowi kontynuację analizy przypadków szczegółowych zgodnie z podstawowym podejściem zaproponowanym w artykule P4. W niniejszym badaniu analizowana jest mieszanina gazów doskonałych poddana przepływowi ciepła między płytkami o różnych temperaturach. Opracowany model został dodatkowo rozbudowany poprzez zwiększenie liczby zmiennych zdefiniowanych na nowo w ramach istniejącego schematu.

P7. Artykuł stanowi kontynuację listy zastosowań opracowanego w powyższych publikacjach formalizmu do kolejnego szczególnego przypadku, obejmującego niejednorodne efekty cieplne i mechaniczne.

P8. Niniejszy artykuł rozpoczyna podcykl, który ujednocila podejścia rozważane w poprzednich pracach (wśród których P1 i P4 są głównymi). Tutaj badany jest prototypowy problem hydrodynamiczny w połączeniu z formalizmem termodynamicznym zmodyfikowanym w celu uwzględnienia nierównowagowych właściwości termicznych całego układu. W sformułowaniu problemu połączenie to nabiera szczególnego znaczenia, ponieważ analizowany układ gazowo-hydrodynamiczny jest silnie dyssypatywny ze względu na lepkość i przewodność cieplną. W związku z tym główny nacisk położono na bilans energetyczny i zmodyfikowane ujęcie entropii takiego układu dyssypatywnego, co, jak wykazano, skutecznie charakteryzuje stabilność termomechaniczną rozpatrywanego stanu.

P9. Ten ostatni krótki artykuł w cyklu badawczym stanowi kontynuację analizy problemów termohydrodynamicznych rozpoczętej w artykule P8. Opierając się zasadniczo na tych samych ramach koncepcyjnych i cechach metodologicznych, bada on bardziej złożoną geometrycznie konfigurację obejmującą ruch wielowymiarowy pod wpływem wielu źródeł sił. Należy zauważyć, że ujęcie tutaj problemu konwekcyjnego w pewnym stopniu opiera się na podejściach opracowanych wcześniej w drugim podcyklu — w szczególności w artykule P7, który dotyczył gazu w polu grawitacyjnym w obecności przepływu ciepła.



Głównym termodynamicznym podejściem opisywanym w prezentowanym cyklu dziewięciu prac, stanowiących oryginalny i wartościowy naukowo wkład autora, to rozważanie modelowej sytuacji fizycznej związanej z układami o stacjonarnych przepływach ciepła. Ze względu na obecność tych ostatnich, sytuacji takich nie można traktować jako zrównoważonych. Jednocześnie wykazano, że można je opisać w ramach tego samego formalizmu, gdy niektóre potencjały termodynamiczne mają rozszerzone znaczenie fizyczne, zachowując niezmiennione swoje właściwości matematyczne, np. jako czynniki całkujące. Najważniejszym i najbardziej widocznym przykładem powyższej sytuacji jest wprowadzona koncepcja entropii nierównowagowej, która zachowuje się podobnie jak jej równowagowy odpowiednik w zmodyfikowanych równościach termodynamicznych, ale w tym przypadku nie jest ani wielkością ekstensywną, ani addytywną. Wykazuje ona jednak przejście do standardowej entropii wraz ze wszystkimi jej konwencjonalnymi wielkościami, gdy układ osiąga stan równowagi.

Pragnę nadmienić, że artykuł P4 jest dla mnie osobiście niezwykle ciekawy i interesujący; będący swego rodzaju raczej „fizyką matematyczną” niż fizyką - termodynamiką. Omawiane są tu relacje między różniczkami ściśle określonych wielkości. Różnią się one od standardowych potencjałów termodynamicznych, ale najważniejsze jest to, że formalne relacje między różniczkami wyglądają tak samo. Dla mnie oznacza to, że istnieją pewne podobne ograniczenia geometryczne dotyczące wprowadzanych wielkości, rozpatrywanych jako różnorodności geometryczne wielu zmiennych. Takie podejście do termodynamiki opisano w książce Bernard F. Schutz „*Geometrical Methods of Mathematical Physics*”, Cambridge University Press 1980, (patrz strony 162 -167). Mam pewne przeczucie, że struktura różniczkowo-potencjałowa tego rodzaju może być prawdopodobnie wyprowadzona w bardzo ogólnym przypadku, ale ściśle matematycznie z teorii Carathéodory'ego o matematycznych podstawach termodynamiki poprzez rozszerzenie dostępnych wymiarów różnorodności, a następnie odpowiednie projekcje. Jest to jednak moja hipoteza i wymaga głębokiej abstrakcyjnej matematyki. Dlatego zbudowanie takiej konstrukcji z wykorzystaniem mniej lub bardziej powszechnie znanej fizyki nie jest bez znaczenia i według mojej oceny może pobudzić pewną „aktywność matematyczną” w tej dziedzinie, jeśli tylko matematycy zechcieliby się tym zająć.

Sekwencja artykułów wprowadzających i rozwijających proponowane podejście podąża klasyczną ścieżką teorii termodynamicznej i molekularno-termodynamicznej, rozszerzając ją jednocześnie o nowe idee. Ścieżka ta rozpoczyna się od najprostszego modelu podstawowego – gazu doskonałego – i dostarcza rozwiązań dla wcześniej niezbadanych sytuacji, w których w układzie ograniczonym występuje ustalony przepływ ciepła. Kolejny etap koncepcyjny koncentruje się na płynie van der Waalsa, który uwzględnia objętość wykluczoną i oddziaływania przyciągające, i pokazuje, że proponowany formalizm ma zastosowanie również w tym kontekście. Wreszcie, seria prac omawia jego zastosowanie do mieszanin i ośrodków ciągłych, łącząc modelowanie współistniejących przepływów hydrodynamicznych i cieplnych.



Można zatem podsumować, że zbiór badań połączonych w niniejszej pracy habilitacyjnej charakteryzuje się logiczną spójnością i fundamentalnym znaczeniem teoretycznym, a jako podstawa teoretyczna otwiera również obiecujące perspektywy dla przyszłych badań eksperymentalnych i praktycznych zastosowań w dziedzinie termodynamiki i termofizyki.

Chociaż opisane osiągnięcia są niewątpliwie oryginalne i cenne, a ich opis ma logiczną strukturę, chciałbym zauważyć, że pomocne byłoby przytoczenie kilku wcześniejszych podejść do tematu termodynamiki nierównowagowej, związanych z omawianą tematyką, aby uzyskać bardziej spójny obraz stanu wiedzy. Przede wszystkim istnieje podejście łączące formalizmy termodynamiczne i hydrodynamiczne, podsumowane w książce Gyarmati, I. *Non-Equilibrium Thermodynamics: Field Theory and Variational Principles*. Springer, 1970. Praca ta oczywiście została zacytowana przez autora w artykule P5, ale tylko jako przykład metody wariacyjnej, podczas gdy ogólna koncepcja opisana w książce jest szersza i ściślej związana z niniejszą pracą habilitacyjną. Drugą kwestią wartą uwagi jest teoria Novikova–Curzona–Ahlborna (NCA), która modyfikuje klasyczną sprawność Carnota dla procesów cieplnych zachodzących w skończonym czasie. Ponieważ autor omawia ten temat jako dynamikę procesów termicznych i odwołuje się do idei Carnota, sprawność NCA wydaje się wynikać naturalnie z tego toku rozumowania. Ponadto, analizując dorobek Habilitanta zastanawiające jest dla mnie, że niektóre prace, będące ściśle związane z tematyką rozprawy habilitacyjnej, opublikowane w renomowanych czasopismach, takim jak *Europhysics Letters*, nie zostały uwzględnione w cyklu prac habilitacyjnych.

3. Ocena dorobku naukowego Habilitanta

Dotychczasowa działalność naukowa dr. Karola Makucha, w tym osiągnięcia naukowe uzyskane po nadaniu stopnia naukowego doktora, potwierdzają istotną aktywność badawczą Habilitanta w obszarze fizyki kwantowej, a następnie chemii fizycznej i termodynamiki, która zaowocowała:

- 1) opublikowaniem 19 artykułów w znaczących periodykach naukowych,
- 2) licznymi wystąpieniami konferencyjnymi na krajowych, jak i zagranicznych konferencjach naukowych oraz udziałem w licznych sesjach posterowych na takich konferencjach prestiżowych jak AIChE Annual Meeting czy Annual Meeting of the American Physical Society,
- 3) pozyskaniem w 2022 roku ze statusem kierownika projektu naukowego grantu SONATA BIS, NCN, „*Dyfuzja sztywnych cząstek i elastycznych polimerów w płynach złożonych*” o wartości 1 465 952 PLN; pozyskaniem w 2017 roku ze statusem kierownika projektu naukowego grantu SONATA, NCN, „*Własności płynów złożonych a ich struktura na poziomie mikroskopowym*” o wartości 492 600 PLN, oraz udziałem ze statusem wykonawcy w prowadzeniu badań w ramach 7 grantów badawczych z zapewnieniem ich finansowania z zewnętrznych źródeł krajowych i zagranicznych, w tym tak prestiżowych jak TEAM czy ERC Starting grant,



- 4) odbyciem 2 staży naukowych – rocznego i czteromiesięcznej wizyty naukowej w zagranicznej instytucji naukowej - w California Institute of Technology w ramach odpowiednio projektu NAWA Bekker oraz stypendium Fundacji Kościuszkowskiej,
- 5) nawiązaniem i prowadzeniem współpracy międzynarodowej z prestiżowymi zagranicznymi ośrodkami naukowymi oraz uznanymi w świecie naukowym badaczami, w szczególności z profesorem Johnem Brady'm oraz profesorem Zhen-Gang Wang z California Institute of Technology,
- 6) uzyskaniem statusu recenzenta w prestiżowych czasopismach naukowych z listy filadelfijskiej jak Physical Review Letters, Physical Review E, PNAS, Lab on a Chip, Soft Matter, Scientific Reports, Journal of Fluid Mechanics, New Journal of Physics, Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Physical Chemistry Chemical Physics, Acta Physica Polonica A, Journal of Physical Chemistry, Journal of Modern Physics, ACS Nano.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk fizycznych, Habilitant istotnie zwiększył swój dorobek publikacyjny, odgrywając znaczącą rolę w powstawaniu każdej z prac. Analizowany wykaz aktywności badawczej Kandydata świadczy o tym, że Habilitant skupia się na rozwiązywaniu ważkich problemów i zagadnień naukowych z obszaru badań podstawowych o potencjale aplikacyjnym. Odnosząc się do całokształtu działalności badawczej autora, odzwierciedlonej w publikacjach zawartych w podsumowaniu osiągnięć zawodowych, należy zauważyć, że jego badania nie ograniczają się jedynie do tematu rozprawy habilitacyjnej i dziewięciu głównych publikacji będących nurtem habilitacyjnym. Wśród innych prac, należy zauważyć te o charakterze interdyscyplinarnym, gdzie na uwagę zasługuje szereg zaawansowanych badań biofizycznych związanych z metodami przesiewowymi oporności na antybiotyki, opartych na przetwarzaniu danych uzyskanych za pomocą technologii mikroprzepływowej. Prace te, jak również pozostałe w dorobku Habilitanta, dotyczące badań w obszarze chemii koloidów, wykazują jego kwalifikacje, uwydatniające nie tylko jego doświadczenie w pracy z modelowaniem termodynamicznym, ale także z układami „rzeczywistymi” wykazujące współpracę z eksperymentatorami w dziedzinie termodynamiki, kinetyki i hydrodynamiki.

Analiza danych naukometrycznych dotyczących dorobku Kandydata jednoznacznie pokazuje, że badania Habilitanta cieszą się znacznym uznaniem w środowisku akademickim. Jest to widoczne w liczbie cytowań wynoszącej 226 (nie uwzględniając autocytowań) na dzień składania wniosku awansowego – lipiec 2025 r., co przekłada się wg Web of Science na Indeks Hirscha równy 9. Sumaryczny oraz średni Impact Factor dorobku Habilitanta wynosi odpowiednio: 94.4 i 3.37.



4. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej oraz innej Habilitanta

1) doświadczenie dydaktyczne:

Doświadczenie dydaktyczne dra. Karola Makucha związane jest z prowadzeniem w latach 2005 – 2015 ćwiczeń dla studentów na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego z aż 7 modułów kształcenia, a to m.in. fizyka statystyczna, termodynamika fenomenologiczna, mechanika statystyczna czy mechanika ośrodków ciągłych. Nadto Habilitant był promotorem pomocniczym dwóch prac doktorskich oraz dwóch prac licencjackich i jednej magisterskiej. Nadto Habilitant jest obecnie promotorem pomocniczym dwóch doktorantów.

2) działalność organizacyjna - popularyzująca nauki:

Działalność Kandydata w obszarze realizacji zadań wspierających popularyzację polskiej nauki konkretyzuje się na wykładach wygłoszonych na Festiwalu Nauki oraz na Uniwersytecie Guanajuato w Meksyku.

5. Podsumowanie oraz wniosek końcowy

Po szczegółowej analizie przedstawionego do oceny wniosku Habilitanta stwierdzam, że Pan dr Karol Makuch:

- 1) posiada stopień naukowy doktora uzyskany w trybie przepisów obowiązujących w polskim systemie szkolnictwa wyższego i nauki,
- 2) posiada w dorobku osiągnięcie naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki chemicznej w zakresie badań nad termodynamiką stanów nierównowagowych, udokumentowane cyklem 9 powiązanych tematycznie artykułów naukowych, w których powstawaniu rola Habilitanta była tak znacząca, że warunkowała poczynienie podlegających ocenie ustaleń naukowych,
- 3) wykazuje się wymaganą aktywnością w obszarach działalności dydaktycznej i organizacyjnej,
- 4) nadto wykazuje się samodzielnością naukową, szerokimi horyzontami naukowymi i ugruntowanym warsztatem metodologicznym, co potwierdza fakt efektywnego pozyskiwania przez Habilitanta środków zewnętrznych na realizację projektów naukowych (grantów badawczych), w których posiada funkcję kierownika projektu badawczego.

Na podstawie przedstawionej oceny dorobku naukowego, w tym stanowiącego osiągnięcie naukowe cyklu powiązanych tematycznie 9 prac pt. „*Bilans energii i termodynamika stanów stacjonarnych*”, stwierdzam, że Pan dr. Karol Makuch spełnia wszystkie wymagania, stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego, określone w art. 219 ust. 1 pkt 2b) i pkt 3) ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571 ze zm.), dlatego wyrażam opinię, że wniosek Kandydata o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne jest w pełni uzasadniony i zyskuje moje pełne poparcie.

/prof. dr hab. Mirosław Chorażewski/