

Prof.dr hab. Rafał Abdank-Kozubski  
Emerytowany profesor Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej  
Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

**Ocena osiągnięć naukowych pana dr. Karola Makucha ubiegającego się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne w świetle wymagań określonych w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.**

Niniejsza ocena została przygotowana na podstawie materiałów dostarczonych przez Dyрекcję Instytutu Chemii Fizycznej PAN w Warszawie i zawierających:

- Wniosek dr Karola Makucha o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne skierowany do Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej;
- Kopię dyplomu doktorskiego oraz dane personalne habilitanta;
- Autoreferat habilitanta;
- Wykaz ogółu osiągnięć naukowych habilitanta;
- Kopie 9 publikacji stanowiących przedstawione przez habilitanta osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego;
- Oświadczenia dotyczące udziału habilitanta w powstaniu pow. publikacji naukowych;
- Potwierdzenia uzyskania grantów oraz zaproszeń do współpracy naukowej.
- Nadesłane w terminie późniejszym oświadczenia współautorów publikacji stanowiących prezentowane osiągnięcie dotyczące ich udziału w powstawaniu tych prac.

1. Aspekty formalne

Jak wynika z przedstawionych dokumentów, pan dr Karol Makuch – autor wniosku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne

- (i) uzyskał w roku 2011 na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego stopień naukowy doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki;
- (ii) posiada w swoim dorobku naukowym cykl powiązanych tematycznie dziewięciu artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych i przedstawionych jako osiągnięcie będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego;
- (iii) wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni i instytucji naukowej, w tym zagranicznej.

Stwierdzam zatem, że habilitant spełnia formalne warunki nadania stopnia doktora habilitowanego określone w art.219, ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Zgodnie z art. 221 ust. 8 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym

i nauce oraz dotyczącymi go wytycznymi Rady Doskonałości Naukowej z roku 2022, („...na przedmiotową opinię nie powinna wpływać ocena, czy osoba ubiegająca się o nadanie stopnia doktora habilitowanego wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej, jak i ocena osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych, czy też popularyzujących naukę...”) przedmiotem niniejszej oceny jest wyłącznie cykl dziewięciu publikacji przedstawiony przez habilitanta jako jego osiągnięcie naukowe zatytułowane „Bilans energii i termodynamika stanów stacjonarnych”. Pragnę w tym miejscu zauważyć, iż co do osiągnięcia będącego podstawą ubiegania się habilitanta o stopień naukowy istnieje sprzeczność pomiędzy treścią jego Wniosku o przeprowadzenie postępowania, a treścią Autoreferatu. Podczas gdy we Wniosku wymienione jest jedynie osiągnięcie wspomniane powyżej, w Autoreferacie p. dr Makuch używa terminu „osiągnięcia habilitacyjne” również w stosunku do innych prowadzonych przez siebie badań, w szczególności dotyczących opisu dyfuzji w płynach złożonych.

2. Ocena osiągnięcia naukowego dr Karola Makucha „Bilans energii i termodynamika stanów stacjonarnych”.

Na osiągnięcie składa się cykl następujących 9 artykułów naukowych opublikowanych w międzynarodowych recenzowanych czasopismach w latach 2021-2024:

1. Yirui Zhang, Marek Litniewski, Karol Makuch, Paweł J. Żuk, Anna Maciołek, and Robert Hołyst, Continuous nonequilibrium transition driven by heat flow. *Phys Rev E* 104, 024102 (2021); doi:10.1103/PhysRevE.104.024102.
2. Konrad Giżyński, Karol Makuch, Jan Paczesny, Yirui Zhang, Anna Maciołek, and Robert Hołyst, Internal energy in compressible Poiseuille flow. *Phys Rev E* 104, 055107 (2021); doi:10.1103/PhysRevE.104.055107.
3. Paweł J. Żuk, Karol Makuch, Robert Hołyst and Anna Maciołek, Transient dynamics in the outflow of energy from a system in a nonequilibrium stationary state. *Phys Rev E* 105, 054133 (2022); doi:10.1103/PhysRevE.105.054133.
4. Robert Hołyst, Karol Makuch, Anna Maciołek, and Paweł J. Żuk, Thermodynamics of stationary states of the ideal gas in a heat flow. *J. Chem. Phys.* 157, 194108 (2022); doi: 10.1063/5.0128074.
5. Robert Hołyst, Karol Makuch, Konrad Giżyński, Anna Maciołek and Paweł J. Żuk Fundamental Relation for Gas of Interacting Particles in a Heat Flow. *Entropy* 2023, 25, 1295; doi:10.3390/e25091295.
6. Anna Maciołek, Robert Hołyst, Karol Makuch, Konrad Giżyński and Paweł J. Żuk, Parameters of State in the Global Thermodynamics of Binary Ideal Gas Mixtures in a Stationary Heat Flow, *Entropy* 2023, 25(11), 1505; doi:10.3390/e25111505.
7. Robert Hołyst, Paweł J. Żuk, Karol Makuch, Anna Maciołek, Konrad Giżyński, Fundamental Relation for the Ideal Gas in the Gravitational Field and Heat Flow, *Entropy* 2023, 25(11), 1483; doi:10.3390/e25111483.
8. Karol Makuch, Robert Hołyst, Konrad Giżyński, Anna Maciołek, Paweł J. Żuk, Steady-state thermodynamics of a system with heat and mass flow coupling; *J. Chem. Phys.* 159, 194113 (2023) doi:10.1063/5.0170079.
9. Karol Makuch, Tailoring the first law of thermodynamics for convective flows; *Physics of Fluids* 36, 111701 (2024) doi: 10.1063/5.0239207

Jak widać, jedynie ostatnia z wymienionych publikacji jest jednoautorska. Z uwagi na fakt, iż pozostałe prace mają po kilku autorów, analiza prezentowanego osiągnięcia naukowego wymaga skierowania uwagi nie tylko na jego wartość merytoryczną, ale również na faktyczny udział p. dr. Karola Makucha w jego powstaniu. Ostatnie zadanie zostało znacznie ułatwione po otrzymaniu przez recenzenta oświadczeń współautorów przedstawionych publikacji dotyczących ich udziału w powstawaniu artykułów. Poniżej przedstawiam krótkie omówienia kolejnych publikacji zamieszczając za każdym razem na końcu uwagę o udziale habilitanta w ich powstaniu.

Jak pisze habilitant, „motywacją przedstawionych badań była próba sformułowania opisu analogicznego do termodynamiki równowagowej, ale dotyczącego stanów nierównowagowych”. Chodziło o stany stacjonarne, w których zachodzi ciągły przepływ energii.

W przedstawionej przez p. dr. Makucha pracy nr 1 opisano nierównowagowe przejście fazowe w gazie doskonałym w stanie stacjonarnym, w którym ma miejsce dostarczanie energii bezpośrednio do objętości gazu. Na podstawie obliczeń analitycznych w ramach termohydrodynamiki autorzy wykazali, iż przy krytycznym strumieniu ciepła w gazie ma miejsce ciągłe przejście fazowe. Wynik obliczeń analitycznych został potwierdzony poprzez symulacje dynamiki molekularnej płynu miękkih kul. Dla gazu w tak wygenerowanym stanie stacjonarnym autorom pracy udało się zdefiniować funkcję, której minimum określa stabilność tego stanu. Funkcja może zatem pełnić rolę analogiczną do tej, jaką w termodynamice stanów równowagowych pełnią potencjały termodynamiczne.

Udział p. dr. Makucha w powstaniu publikacji polegał na sformułowaniu i weryfikacji hipotez dotyczących istnienia nierównowagowego potencjału termodynamicznego, jego analizie oraz na uczestnictwie w redakcji tekstu.

W pracy nr 2 oraz w pracy nr 3 przedmiotem analizy było magazynowanie energii w gazie doskonałym w stanie stacjonarnym oraz zachowanie układu podczas przejścia między stanami stacjonarnymi.

Obie prace mają charakter zdecydowanie zespołowy. Udział habilitanta w ich powstawaniu nie był dominujący i polegał na opracowaniu metodologii analizy równań opisujących badany układ, przeprowadzaniu obliczeń analitycznych oraz uczestnictwie w krytycznej analizie wyników symulacji numerycznych i redakcji manuskryptu.

Podstawowe sformułowania zaproponowanej przez autorów termodynamiki stanów stacjonarnych zawarte są w pracach nr 4 oraz nr 5; przy czym praca nr 4 opisuje podstawy koncepcji w zastosowaniu do gazu doskonałego, zaś praca nr 5 idzie o krok dalej i poświęcona jest analizie stanów stacjonarnych gazu van der Waalsa. W obu przypadkach analizowane są układy w warunkach przepływu ciepła, zaś podstawowym narzędziem analizy są ponownie równania termohydrodynamiki. Głównym wynikiem przeprowadzonych badań było pokazanie, iż opis konkretnych stanów stacjonarnych – tj. w gazie doskonałym i gazie van der Waalsa w warunkach przepływu ciepła, jest możliwy przy użyciu funkcji spełniających zależności analogiczne do tych, które znane są z termodynamiki stanów równowagi. Analiza ujawniła istotne różnice pomiędzy nowymi „termodynamikami” gazu doskonałego oraz gazu van der Waalsa.

Obie pow. prace są wieloautorskie, przy czym, jak wyraźnie deklaruje habilitant, udziały jego oraz prof. Roberta Hołysta w ich powstaniu są równorzędne. Jak wynika jednak z oświadczenia p. prof. Roberta Hołysta, habilitanta można uznać za autora podstawowej stosowanej dalej idei formułowania relacji termodynamicznych na podstawie obliczeń bazujących na równaniach termohydrodynamiki.

Następne dwie publikacje przedstawiane przez habilitanta jako część osiągnięcia naukowego – praca nr 6 oraz praca nr 7 stanowią następny krok naprzód, gdyż dotyczą termodynamiki stanów stacjonarnych w mieszaninach gazów doskonałych (praca nr 6) oraz w gazie doskonałym w polu grawitacyjnym (praca nr 7), w obu przypadkach w warunkach przepływu ciepła. Na uwagę zasługuje konsystencja nowego formalizmu w stosunku do standardowej termodynamiki równowagowej: uzyskane relacje przechodzą w obowiązujące w stanie równowagi po ustaniu przepływu ciepła.

Udział p. dr. Karola Makucha w powstaniu powyższych dwóch publikacji był – wg jego oświadczenia – zdecydowanie większy niż w poprzednich przypadkach. Potwierdza to w swoim oświadczeniu p. prof. Robert Hołyst stwierdzając, iż rola habilitanta w sformułowaniu globalnego bilansu energetycznego oraz w opracowaniu metody i przeprowadzeniu interpretacji uzyskanych relacji pomiędzy parametrami w stanach stacjonarnych był dominujący.

Dwie ostatnie publikacje z cyklu przedstawionego przez habilitanta jako osiągnięcie naukowe: praca nr 8 oraz praca nr 9 powstały (wg jego oświadczenia) przy jego dominującym udziale.

W pracy nr 8 analizowana jest globalna wymiana energii gazu doskonałego o stałej lepkości w przepływie Couette'a. Wyprowadzono fundamentalną zależność między energią wewnętrzną a parametrami stanu tego gazu oraz opisano zachodzące w nim nierównowagowe przejście fazowe. Rozważania doprowadziły do postulatu zasady ekstremum determinującej stabilne stany stacjonarne w układzie.

W przypadku tej pracy, jej współautor prof. Robert Hołyst jednoznacznie oświadcza, iż udział habilitanta w jej powstaniu był zdecydowanie dominujący we wszystkich aspektach.

Praca nr 9 jest w przedstawionym cyklu jedyną jednoautorską pracą p. dr. Karola Makucha. Analiza dotyczy globalnej wymiany energii zachodzącej podczas przejść między stanami nierównowagowymi (stacjonarnymi). Badany jest układ z przepływem ciepła w zewnętrznym polu (grawitacyjnym), w którym występuje ruch makroskopowy taki jak konwekcja Rayleigha-Bénarda. Autor wykazał, że wzór na wymianę energii układu ma taką samą postać jak w stanie równowagi, co jego zdaniem otwiera możliwość opisu układów niebędących w równowadze za pomocą praw podobnych do termodynamiki równowagowej.

Podjęty przez p. dr. Karola Makucha kierunek badań zaowocował uogólnieniem relacji fundamentalnej leżącej u podstaw termodynamiki stanów równowagi na stany stacjonarne z przepływem ciepła dla: gazu doskonałego (prace nr 1-4) oraz bardziej złożonych układów (prace nr 5-8) (gaz van der Waalsa w strumieniu ciepła, binarna mieszanina gazów doskonałych poddana przepływowi ciepła, gaz doskonały w polu grawitacyjnym w przepływie ciepła). Określono także bilans energii dla układów, które modelują zjawiska atmosferyczne (praca nr 9).

Można uznać, że uzyskane wyniki – dotyczące stosunkowo prostych konkretnych układów i dlatego widziane często jako „szczególne przypadki” – stanowią niewątpliwie wkład w nurt badań skierowanych na uogólnienie termodynamiki stanów równowagowych na opis stanów nierównowagowych (stany stacjonarne byłyby tu pierwszym etapem).

Jak już wspomniałem, fakt iż poza jedną, wszystkie przedstawione jako osiągnięcie naukowe habilitanta publikacje są wieloautorskie, stwarza konieczność zwrócenia szczególnej uwagi na jego indywidualny udział w ich powstaniu. Dokładne prześledzenie oświadczeń zarówno samego habilitanta, jak i współautorów publikacji generuje bardzo pozytywny obraz rozwoju naukowego p. dr. Karola Makucha, który pod wpływem swojego początkowego mentora w

osobie prof. Roberta Hołysta umiał stworzyć swoją własną linię badań opartą o oryginalne koncepcje. Jest to wyraźnie widoczne w zdecydowanie ciągłym wzroście stopnia udziału habilitanta w miarę rozwoju programu badawczego realizowanego w projekcie habilitacyjnym.

Przysłowiową „łyżką dziegciu” w przedstawionym powyżej ogólnie pozytywnym obrazie osiągnięcia naukowego p. dr. Karola Makucha jest fakt, iż stanowiące je publikacje powstałe w latach 2022-2024 spotkały się jak dotąd ze skromnym zainteresowaniem środowiska. Udokumentowane w bazach danych (WoSc, Scopus) cytowania tych publikacji są w zdecydowanej większości autocytowaniami (jeśli nie habilitanta, to innych współautorów).

Chociaż fakt ten nie musi obiektywnie odzwierciedlać jakości opublikowanych prac (zainteresowanie konkretnymi badaniami podlega chwilowym tendencjom i może się okazać, że prace zostaną zauważone i docenione w swoim czasie), jest on zastanawiający zważywszy wysoką jakość czasopism, w których zostały one opublikowane. W świetle stałego w ostatnich latach zainteresowania tematyką termodynamiki stanów stacjonarnych (wg bazy Scopus ok. 100 publikacji rocznie), pozostaje mieć nadzieję, że prace p. dr. Makucha doczekają się w kolejnych latach większego zainteresowania.

### 3. Wspomnienie innych osiągnięć p. dr. Karola Makucha opisanych w jego Autoreferacie.

W świetle uwag przytoczonych na początku niniejszej opinii, o pozostałych osiągnięciach p. dr. Karola Makucha pragnę wspomnieć jedynie „dla porządku”.

Jako „inne osiągnięcia naukowe” habilitant wymienia prowadzone przed doktoratem badania w zakresie nierównowagowej fizyki statystycznej zawieszin oraz prowadzone już po uzyskaniu stopnia doktora nauk fizycznych badania teoretyczne układów kwantowych, zainteresowanie zagadnieniami związanymi z mikrofluidyką, czy prace dotyczące dyfuzji w płynach złożonych. Badania prowadzone były we współpracy z konkretnymi grupami badawczymi i owocowały publikacjami w czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Wspomagane też były przyznawanymi grantami badawczymi.

Zarówno badania prowadzone w ramach osiągnięcia habilitacyjnego, jak i wspomniane powyżej motywują habilitanta do formułowania planów badawczych na przyszłość. Wymienia on dwa kierunki badań, którym chciałby się poświęcić: (i) dalszy rozwój termodynamiki stanów stacjonarnych oraz (ii) badanie zjawisk dyfuzji w płynach złożonych, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu lepkości zależnej od wektora falowego na dyfuzję cząstek niesferycznych oraz uwzględnienie oddziaływań między dyfundującymi cząstkami a makrocząsteczkami tworzącymi płyn złożony.

Aktywność naukową p. dr. Karola Makucha można określić jako istotną biorąc pod uwagę jego doświadczenia zawodowe związane z dwiema placówkami w Polsce (Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego oraz Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk), jak również niemal półtoraroczny staż w California Institute of Technology w USA.

W zakresie dydaktyki, habilitant prowadził liczne zajęcia (ćwiczenia) będąc doktorantem, a następnie nauczycielem akademickim na Wydziale Fizyki UW. Po podjęciu pracy w IChF PAN pełnił obowiązki promotora pomocniczego dwóch prac doktorskich, dwóch

licencjackich oraz jednej pracy magisterskiej. Informuje również o wygłoszeniu 4-godzinnego wykładu na Uniwersytecie Guanajuato w Meksyku oraz dwóch wykładów w ramach Festiwalu Nauki.

#### 4. Podsumowanie

W świetle przedstawionych powyżej uwag i komentarzy stwierdzam, że p. dr Karol Makuch spełnia formalne warunki i wymagania określone w art.219, ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, uprawniające do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. Stwierdzam również, iż tematyka prac stanowiących zaprezentowane osiągnięcie badawcze mieści się w zakresie dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne, zaś samo osiągnięcie oceniam jako wnoszące znaczący wkład do rozwoju tej dyscypliny.

Pomimo tego, iż poza jedną, wszystkie publikacje habilitanta stanowiące prezentowane osiągnięcie są wieloautorskie, jego udział w tym osiągnięciu można uznać za finalnie wiodący.

Oświadczam, iż popieram wniosek p. dr Karola Makucha o nadanie mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.

Kraków, 25 marca 2026.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Kefu' or similar, written in a cursive style.