

prof. dr hab. Anna Kucaba-Piętal
Katedra Inżynierii Lotniczej i Kosmicznej
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
tel.: 178651351, e-mail: anpietal@prz.edu.pl
tel. kom.: 503 026 198

Rzeszów, 21.09.2021 r.

RECENZJA

w postępowaniu habilitacyjnym

Pana dr. Ryszarda Wojnara

w dziedzinie: Nauk Inżynieryjno-Technicznych

w dyscyplinie: Inżynieria mechaniczna

1. Podstawy formalne przygotowania recenzji

Recenzja została opracowana na podstawie pisma z dnia 20.07.2021 r. Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, (IPPT PAN), Pana dr. hab. inż. Zbigniewa Ranachowskiego, prof. IPPT PAN, zawierającego informację, że decyzją Rady Doskonałości Naukowej powołano mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr. Ryszarda Wojnara.

W dniu 25.08.2021 r. wraz z pismem otrzymałam przesłaną pełną dokumentację postępowania habilitacyjnego zawierającą Autoreferat wraz z załącznikami dokumentującymi osiągnięcia w pracy naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej Kandydata.

Wniosek Kandydata został złożony dnia 29 stycznia 2021 r. Niniejsza recenzja została sporządzona zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa: Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r.: Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Art. 219 ust 1 pkt 2 i 3. Recenzja uwzględnia elementy oceny wymienione w przesłanym piśmie dotyczącym wykonania recenzji.

2. Podstawowe dane o Kandydacie

Dr Ryszard Wojnar w dniu 21.02.1974 roku uchwałą Rady Naukowej Instytutu Chemii Fizycznej PAN i Zakładu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN Kandydat uzyskał sto-

pień doktora nauk fizycznych. Tytuł rozprawy doktorskiej: *Liniowa mechanika statystyczna uogólnionej dyfuzji*. Jako obecne miejsce pracy w Dokumentacji Kandydat wskazał Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN; w latach 1974-2005 był zatrudniony tamże na stanowisku adiunkta.

3. Charakterystyka i analiza osiągnięcia naukowego

Dr Ryszard Wojnar jako swoje główne osiągnięcie naukowe wynikające z Art. 219 ust. 1 pkt 2b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r., poz. 1668) przedłożył tematycznie spójny cykl **10** publikacji naukowych, opublikowany w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym w latach 1997-2018. Tytuł osiągnięcia naukowego: *Fizyka matematyczna zjawisk przenoszenia w ośrodkach jednorodnych i niejednorodnych: wymiana ciepła, masy i pędu*. Cykl składa się z **10** prac, w tym **9** autorskich i **1** współautorskiej, opublikowanych w czasopiśmie indeksowanym w bazie JCR. Informacje o publikacjach wchodzących w skład cyklu przedstawiono poniżej:

- [H1] Kinetic equation for the dilute Boltzmann gas in an external field, *Acta Physica Polonica B* **49** (5) 905-920 (2018). IF 0.998.
- [H2] Random walk, Rayleigh-Kac' scheme and diffusion equation, *Reports on Mathematical Physics* **72** (3), 321-332 (2013). IF 1.042.
- [H3] R. Wojnar, Thermodiffusion and nonlinear heat equation, in: *Thermal nonequilibrium phenomena in fluid mixtures*, Lecture Notes in Physics; Vol. 584, W. Köhler and S. Wiegand (Eds.), pp. 93-120, Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Tokyo 2002.
- [H4] On nonlinear heat equations and diffusion in porous media, *Reports on Mathematical Physics* **44** (1), 291-300 (1999). IF 1.042.
- [H5] Nonlinear heat equation and two-level diffusion, *Reports on Mathematical Physics* **49** (2) 415-425 (2002). IF 1.042.
- [H6] Boussinesq equation for flow in an aquifer with time dependent porosity, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Technical Sciences* **58** (1) 165-170 (2010). IF 1.005.
- [H7] Flow of Stokesian fluid through a cellular medium and thermal effects, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Technical Sciences* **62** (2) 321-329 (2014). IF 1.005.

[H8] współautor J.J. Telega, Flow of electrolyte through porous piezoelectric medium: macroscopic equations, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series IIB-Mechanics-Physics* **328** (2) 225-230 (2002). IF 1.09.

[H9] Thermodynamics of solids with a state equation, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics* **37** (4) 809-827 (1999). IF 0.831.

[H10] Homogenization of piezoelectric solid and thermodynamics, *Reports on Mathematical Physics* **40** (3), 585-598 (1997). IF 1.042.

Łączny IF (*impact factor*) czasopism tego cyklu wynosi **9.097**.

Tematyka prac [H1-H10] stanowiących cykl, który zgodnie z Wnioskiem stanowi osiągnięcie naukowe Kandydata jest zgodna z tytułem. Problematyka naukowa osiągnięcia dotyczy fizyki zjawisk fundamentalnych zachodzących w takich procesach jak dyfuzja (w tym termodyfuzja oraz dyfuzja dwupoziomowa), sączenie płynu przez ośrodki porowate, w tym również elektrolitu, termosprężystość oraz termopiezosprężystość. Prace są napisane przejrzysto i widać w nich rozległą wiedzę i kunszt Autora.

Kandydat, stosując współczesny aparat metod matematycznych fizyki – metodę operatorów rzutowych, metodę homogenizacji itp. bada wnikliwie wymienione wyżej zjawiska, uzyskując nowe formuły oraz bardzo ciekawe, nowe rezultaty rozszerzające wiedzę z tego zakresu. Sformułowane na ich podstawie wnioski pozwalają na zastosowanie wyników Kandydata nie tylko w opisie procesów fizycznych występujących w inżynierii mechanicznej, ale również w innych dziedzinach, np. ekonofizyce, opisie gry na giełdzie, co zostało opisane w niektórych pracach dołączonych do Dokumentacji oznaczonych symbolami [HDX] $X = 1, \dots, 15$.

W pracy [H1] podano opis dyfuzji cząstki Browna (wyróżnionej – czyli takiej, której masa jest większa od masy każdej z pozostałych cząstek) w polu sił zewnętrznych, uzyskany metodą operatora rzutowego, co doprowadziło od równania Liouville'a do równania ze spłotem czasowym na transformacie Fouriera jednocząstkowej funkcji rozkładu.

Analiza wyników dotyczących przypadkowego spaceru (*random walk*) uzyskanych w oparciu o równanie dyfuzji (schemat Rayleigha) pozwoliła w pracy [H2] na sformułowanie wniosku, że przypadkowy spacer może służyć jako model różnych procesów stochastycznych, w szczególności jako model dyfuzji, zaś niesymetryczny losowy spacer może być interpretowany jako dyfuzja z dryftem (ang. *drift force*). Jednakże w kontraście do symetrycznego spaceru (prawdopodobieństwo $p = 1/2$) przejście graniczne w niesymetrycznym przypadku napotyka trudności, które są łatwe do pokonania jedynie w przypadku małej asymetrii. Wyka-

zawano także, że w przypadku przypadkowego spaceru nie tylko analog do „*drift force*” się pojawia, ale wyrażenie na współczynniki dyfuzji podlega modyfikacji w porównaniu ze space-rem symetrycznym.

Problematyka termodynamicznego opisu ruchów cząstek Browna podlegających siłom termodyfuzyjnym oraz siłom grawitacji została podjęta w pracy [H3]. Pokazano, że cząstki Browna w polu sił grawitacyjnych poruszają się w górę absorbując ciepło z otoczenia i opadają kiedy generują ciepło w procesie tarcia.

Zagadnienie dyfuzji cząstek Browna w cieczy pod wpływem pola zewnętrznego, biorąc pod uwagę efekty cieplne w ośrodkach porowatych, rozpatrywano w pracy [H4]. Przeformułowano (rozszerzono) opis dyfuzji Streatera w ośrodku niejednorodnym dla przypadku gdy współczynnik przewodnictwa cieplnego jest niejednorodny i wykorzystano go następnie do opisu dyfuzji w cieczy wypełniającej ośrodek porowaty. Następnie wykorzystując dwuskalową metodę rozwinięć asymptotycznych otrzymano makroskopowe równanie dyfuzji Brownowskiej. Zauważono, że w tym równaniu człon „tarciowy” jest nieobecny, zewnętrzna siła pojawia się *explicite* jako człon „produkujący” jedynie ciepło. Siła dryftu *implicite* pojawia się jako pierwsza poprawka w asymptotycznym rozwinięciu funkcji rozkładu. Otrzymano uogólnienie formuły Einsteina na przypadek termodyfuzji.

W pracy [H5] analizowano termodynamikę oddziaływania między cząsteczką Browna oraz przepływem ciepła w ośrodku opisanym nieliniowym równaniem Streatera (w którym energia potencjalna cząstek zmienia się w ciepło). Pokazano, że dla takiego ośrodka ciągłego pierwsze prawo termodynamiki jest słuszne, natomiast drugie prawo termodynamiki – nie.

Zjawisko sączenia płynu przez ośrodki porowate było przedmiotem badań czterech prac: [H6]-[H9].

Efektom badań podjętych w pracy [H6] jest rozwiązanie analityczne pewnego zadania szczegółowego w oparciu o „zmodyfikowane” równanie Boussinesqa w ośrodku porowatym, charakteryzującym się porowatością zależną od czasu. W pracy tej „zmodyfikowane” równanie Boussinesqa dla takiego ośrodka zostało wyprowadzone wychodząc z prawa Darcy’ego.

W pracy [H7] wyprowadzono wzory określające przepływ ściśliwego płynu przez mikrookresowy, sprężysty ośrodek porowaty. W szczególności, wykazano, że dla takiej geometrii przepływu wyniki uzyskane przy założeniu, że płyn jest nieściśliwy pozostają również słuszne jeśli uwzględniamy jego ściśliwość. Z równania Stokesa wyprowadzono prawo Darcy’ego i wyznaczono szybkość wzrostu entropii podczas przepływu. Analizowano wzrost entropii

w przepływie. Wykazano, że stopień wzrostu entropii jest taki sam, co oznacza, że oba opisy są termodynamicznie konsystentne.

Bardzo ciekawym wynikiem przedstawionym w pracy [H8] dotyczącej przepływu elektrolitu przez piezoelektryczny ośrodek porowaty jest wyprowadzenie makroskopowych równań opisujących elektrokinetykę tej struktury oraz makroskopowych związków konstytutywnych. Uzyskano to stosując dwuskalową metodę rozwinięć asymptotycznych.

Termodynamika ciała stałego w odniesieniu do ciała termosprężystego, złożonego z wielu faz stanowi tematykę pracy [H9]. Analizowano związki termodynamiczne opisujące jego równowagę. Opisano przejścia fazowe pierwszego rodzaju, wyprowadzając związki typu Clapeyrona-Clausiusa oraz drugiego rodzaju (Ehrenfesta). Ogólną teorię uzupełniono licznymi przykładami.

Problem homogenizacji ośrodka termo- i piezoelektrycznego w opisie quasi-liniowym został podjęty w pracy [H10]. Otrzymano efektywne współczynniki materiałowe. Wykazano, że za wyjątkiem trzech, forma współczynników jest identyczna jak dla ośrodków opisywanych jako liniowe.

4. Ocena osiągnięcia naukowego

Podjęta tematyka naukowa, dotycząca zagadnień fundamentalnych fizyki z obszaru m.in. mechaniki płynów i termodynamiki jest ważna i wartościowa ponieważ nie tylko rozszerza wiedzę z tego zakresu ale ma również charakter aplikacyjny. Uzyskane przez Kandydata wyniki pozwalają na rozwiązywanie wielu zagadnień inżynierskich – dla przykładu – z biomechaniki, geofizyki, inżynierii chemicznej. W obecnym trendzie miniaturyzacji urządzeń mechanicznych wyniki Kandydata mają szczególnie znaczenie w obszarze dyscypliny inżynieria mechaniczna. Godne podkreślenia jest, że wyniki zostały otrzymane analitycznie, przy zastosowaniu współczesnych metod fizyki matematycznej. Wszystkie wyniki przedstawione w cyklu prac [H1]-[H10] są ciekawe i nowatorskie.

Do najważniejszych osiągnięć Kandydata zaliczam wyniki dotyczące badań przepływów w ośrodkach porowatych; gdy porowatość zależy od czasu, gdy ośrodek porowaty jest komórkowy, jak również wyprowadzenie makroskopowych równań opisujących przepływ elektrolitu przez ośrodek porowaty i makroskopowych związków konstytutywnych oraz zbadanie dyfuzji dwupoziomowej.

Jak wykazano w powyższej analizie, podjęte prace są pracami istotnymi, o dużym wkładzie w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna.

Moja ocena osiągnięcia Kandydata jest bardzo pozytywna. Podsumowując, stwierdzam, że cykl powiązanych ze sobą tematycznie prac spełnia wymagania obowiązującej Ustawy (Art. 219, ust. 1, pkt 2b).

5. Istotna aktywność naukowa

5.1. Dorobek publikacyjny

Dorobek naukowy Kandydata po doktoracie obejmuje **60** publikacji w czasopismach posiadających impact factor oraz **20** rozdziałów w wydawnictwach monograficznych, wśród których wyróżniam: **5** wydanych przez wydawnictwo *Springer*, **1** przez *Willey* oraz **2** przez *Cambridge Scientific Publishers*. Łącznie jest to **80** prac naukowych. Tematyka **25** prac związana jest z tematyką habilitacji. Pozostałe **55** prac tematycznie wiąże się z zagadnieniami, takimi jak: teoria sprężystości i termosprężystości, pomiary optyczne w mechanice doświadczalnej, biomechanika – wzrost tkanek, w szczególności kości i chrząstek, mechanika krystalizacji, granice ziaren, nanodruły, przepływy w kanałach oraz fizyka zjawisk ekonomicznych.

Kandydat jest jedynym autorem **8** rozdziałów w monografiach oraz **21** publikacji dotyczących tematyki związanej z habilitacją (w tym **9** tworzących cykl przedstawiający osiągnięcia naukowe). Prace o tematyce innej niż podjętą w habilitacji również są w większości autorstwa Kandydata. Wszystkie publikacje ukazały się w znaczących czasopismach naukowych, prawie wszystkie w języku angielskim.

Istotnym elementem rozwoju naukowego i aktywności Kandydata jest jego udział w międzynarodowych oraz krajowych konferencjach naukowych, na których wygłosił 79 referatów. Do najważniejszych zaliczam: *World Congress on Physics* (2019) Berlin, *SOLMECH* (wielokrotnie), *Polish Congress of Mechanics* (wielokrotnie), *MULTIPHYSICS* (2014) Bułgaria.

5.2. Wskaźniki bibliometryczne

Wskaźniki bibliometryczne prac Kandydata są wysokie. Według bazy bibliometrycznej Web of Science całkowita liczba cytowań wynosi **98**, bez autocytowań **83**, indeks Hirscha wynosi $IH = 6$. Według Google Scholar liczba cytowań wynosi **419**, indeks Hirscha $IH = 10$ zaś $i10$ – indeks – **12**. Czasopisma cyklu [H1]-[H10] mają łącznie **630** punktów MNiSW.

5.3. Uczestnictwo w projektach

W Dokumentacji Kandydat wykazał uczestnictwo w pracach 4 zespołów badawczych, w tym kierowanie grantem pt. *Wpływ mikrostruktury na własności mechaniczne tkanki kostnej i materiałów biomimetycznych w latach 2005-2008*, przyznany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Pozostałe 3 granty przyznane zostały przez Państwowy Komitet Badań Naukowych (KBN).

5.4. Uznanie w środowisku naukowym

Kandydat jest rozpoznawalny w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym czego dowodem są recenzje artykułów i nagrody. Jest recenzentem w **11** czasopismach o zasięgu międzynarodowym, m.in. *Archives of Mechanics, Reports on Mathematical Physics*.

Od 1995 roku nieprzerwanie pełni funkcję sekretarza naukowego Seminarium Zakładu Teorii Ośrodków Ciągłych i Nanostruktur IPPT PAN. Jest również dwukrotnym laureatem Konkursu Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej na najlepszą pracę z mechaniki oraz otrzymał prestiżową Nagrodę Sekretarza Naukowego Polskiej Akademii Nauk.

5.5. Istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej

Dr Ryszard Wojnar w Autoreferacie zawarł informację o dwóch pobytach naukowych w ośrodkach zagranicznych. W latach 1979-1980 przebywał we Francji w Institut National Polytechnique de Grenobl. W latach dziewięćdziesiątych spędził łącznie około dwa miesiące w Instytucie Wymiany Ciepła i Masy w Mińsku Białoruskim, Białoruś. W spisie publikacji oraz wystąpień konferencyjnych nie zauważyłam wspólnych prac.

6. Ocena istotnej aktywności naukowej

Dr Ryszard Wojnar od czasu uzyskania stopnia doktora prowadzi bardzo aktywną działalność naukową w obszarze mechaniki ośrodków ciągłych. Legitymuje się istotnym dorobkiem publikacyjnym, którego parametry bibliometryczne są wysokie, wystarczające do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. Brał udział w pracach **4** zespołów badawczych realizujących projekty naukowo-badawcze, finansowane na drodze konkursów krajowych, był kierownikiem jednego projektu.

Nieco skromniej wygląda aktywność naukowa Kandydata realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej. Jednakże fakt, że dwukrotnie odbył On zagraniczne staże naukowe w ważnych ośrodkach naukowych pozwala stwierdzić, że Jego aktywność w tym obszarze jest zadowalająca.

Oceniam, że aktywność naukowa Kandydata spełnia wymagania Ustawy: Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce w odniesieniu do osób ubiegających się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

7. Działalność popularyzacyjna nauki oraz dydaktyczna

Na szczególne podkreślenie zasługuje zaangażowanie dr. R. Wojnara w popularyzację nauki. Jest autorem 8 publikacji o charakterze popularnonaukowym, które ukazały się w takich czasopismach, jak: *Fizyka w szkole* (4) oraz *Appl. Mech. Rev.* (współautor J.J. Telega). Prowadził wielokrotnie lekcje pokazowe w ramach Festiwalu Nauki w dziedzinie: technika i technologia w latach 2003-2020.

Działalność dydaktyczna Kandydata obejmuje prowadzenie zajęć (wykłady i ćwiczenia) z przedmiotu mechanika ośrodków ciągłych, w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Olsztynie oraz z fizyki w gimnazjach w latach 1997-1999 i liceach warszawskich i podwarszawskich w latach 1997-1999.

Podsumowując ten fragment recenzji oceniam wysoko działalność dr. Ryszarda Wojnara w zakresie popularyzacji nauki.

8. Wniosek końcowy

Mając na uwadze przedstawioną sylwetkę naukową oraz ocenę osiągnięcia naukowego, jak również istotną aktywność naukową **Pana dr Ryszarda Wojnara** uważam Jego Wniosek o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego za uzasadniony.

Stwierdzam, że osiągnięcie naukowe: *Fizyka matematyczna zjawisk przenoszenia w ośrodkach jednorodnych i niejednorodnych: wymiana ciepła, masy i pędu* zawarte w cyklu 10 publikacji powiązanych tematycznie, stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna, spełniając w pełni warunek określony w Art. 219, ust. 1, pkt 2 Ustawy zaś istotna aktywność naukowa dr. Ryszarda Wojnara realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej w kontekście odbycia przez Niego

2 staży zagranicznych spełnia w sposób zadowalający warunek określony w Art. 219, ust. 1, pkt 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Biorąc pod uwagę powyższe popieram Wniosek o nadanie Kandydatowi stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria mechaniczna i wnoszę o przejście do kolejnych etapów postępowania habilitacyjnego przewidzianych w ww. Ustawie.

Aligstal