

Kraków, 21 kwietnia, 2017 r.

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Adamczyk
Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN im. Jerzego Habera
ul. Niezapominajek 8
30-239 Kraków

OCENA

Rozprawy habilitacyjnej:

„Mechanika przepływów dwufazowych w zaawansowanych laboratoriach biologiczno-chemicznych w mikroskali” oraz dorobku naukowego Pana dr Sławomira Jakięły.

1. Analiza rozprawy habilitacyjnej

Osiągnięcie naukowe przedstawione jako rozprawa habilitacyjna dr S. Jakięły oparte jest na sześciu publikacjach, z których jedna ukazała się w materiałach konferencyjnych (15th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences). Pięć pozostałych publikacji ukazało się w latach 2011-2016, w czasopiśmie międzynarodowych o wysokim wskaźniku cytowania: trzy w czasopiśmie *Lab on a Chip* (wskaźnik cytowania 5,7-5,6), jedna w *Phys. Rev. Letters* (wskaźnik cytowania 7.9) oraz jedna w czasopiśmie *Angewandte Chem. International* (wskaźnik cytowania 11.3). Prace te były cytowane w sumie 62 razy. W czterech wymienionych pracach habilitant był pierwszym autorem, a w jednej z nich był jedynym autorem. Pewnym ograniczeniem tego dorobku jest jednak brak prac przeglądowych.

Ponadto, oprócz Habilitanta, w publikacjach będących podstawą osiągnięcia pojawia się sześcioro współautorów, min. we wszystkich prof. P. Garstecki. W związku z tym do rozprawy dołączone są oświadczenia współautorów zgodnie z wymogami formalnymi. Na podstawie szczegółowej analizy tych oświadczeń można stwierdzić, że wymieniony dorobek naukowy jest oryginalnym i indywidualnym osiągnięciem dr S. Jakięły.

Aczkolwiek przedstawione materiały, w szczególności *Autoreferat* oraz *Wykaz dorobku naukowego*, są starannie przygotowane pod względem technicznym, tytuł osiągnięcia dr P.M. Jakięły wydaje się niefortunnie sformułowany, gdyż sugeruje, że prac dotyczy badania przepływów w laboratoriach badawczych (pomieszczeniach), a nie jak się można zorientować na podstawie analizy pracy w układach mikroprzepływowych. Tak więc, zwrot „...w zaawansowanych laboratoriach biologiczno-chemicznych...” jest nieprecyzyjny, gdyż termin zaawansowany może dotyczyć badań lub wieku, z pewnością nie laboratorium.

Cykl sześciu publikacji, które habilitant proponuje jako osiągnięcie naukowe uszeregowane są w sposób chronologiczny, dotycząc bardzo obszernej i zróżnicowanej tematyki badawczej, nie zawsze mającej bezpośredni związek z tytułem osiągnięcia naukowego.

Pierwsza, trzystronicowa prace cyklu habilitacyjnego poświęcona jest ciekawemu zagadnieniu hodowli bakterii *E. Coli* w układzie kropeł tworzonych w systemach mikroprzepływowych (kapilarach) zawierających określoną ilość pożywki i antybiotyku. Zaletą tego układu jest możliwość odizolowania kropeł tworzących mikoreaktory od wpływu czynników zewnętrznych, natomiast znaczącym ograniczeniem jest koalescencja kropeł w dłuższym okresie czasu co utrudnia zachowanie ustalonych parametrów procesu hodowli.

W drugiej publikacji cyklu Habilitant analizuje prędkość poruszanie się poszczególnych kropeł (tworzonych z fazy wodnej) w kapilarze prostokątnej przy użyciu kamery liniowej. Wyznacza min. interesującą zależność tego parametru od prędkości poruszania się fazy ciągłej (liczby kapilarnej). Wykazuje znaczący spadek prędkości kropeł ze ich długością znormalizowaną oraz występowanie minimum dla wartości tego parametru równej 3,5.

Trzecia publikacja cyklu jest rozszerzeniem pracy poprzedniej, gdyż Habilitant bada mechanizm fizyczny odpowiadający za pojawienie się minimum mobilności kropeł (znormalizowanej prędkości translacji) w zależności od ich długości stosując metodę PIV (particle image velocimetry). Przez odpowiednie zaprojektowanie doświadczenia, umożliwiło to wyznaczenie topologii wirów powstających wewnątrz kropeł

poruszających się w kanałach (kapilarach) kwadratowych. Zaobserwował interesujące zjawisko zmiany topologii wirów z obejmujących całą kroplę (dla liczb kapilarnych mniejszych od 0.00081) do wirów potrójnych powstających dla większych wartości liczby kapilarnych.

Bazując na tych obserwacjach, w następnej publikacji Habilitant rozwija nową metodę mikroreologiczną wykrywania procesów aglutynacji w układach biologicznych, wykorzystując fakt, że wskutek pojawienia się wirów, duże aglomeraty poruszają się wolniej, niż lokalny strumień cieczy. Powstawanie takich aglomeratów, wskutek oddziaływań antygen/przeciwciało, można więc jakościowo określić na podstawie bezpośrednich obserwacji optycznych. Metodyka ta została zastosowana skutecznie do określenia grupy krwi.

W piątej publikacji cyklu, Habilitant zajmuje się ponownie zagadnieniem hodowli bakterii *E.Coli* w układzie kropeł tworzonych w systemach mikrorzepływowych tym razem dla znacznie większych populacji kropeł (ok. 100) oraz dla czasów hodowli sięgających 50 godzin. Ta zmodyfikowana metodyka badawcza umożliwiła zachowanie stałej populacji bakterii w kropkach oraz ilościowe określenie wpływu antybiotyków na szybkość wzrostu populacji.

Uwzględniając problemy związane ze zmianą właściwości reologicznych kropeł wskutek zmiany zawartości fazy stałej (bakterii), w szóstej publikacji habilitant przeprowadził obszerne badania oporu hydrodynamicznego układów kropeł w zależności od ich objętości (długości), szybkości przepływu fazy ciągłej oraz odległości między kroplami tworzącymi układ. Precyzyjne wyznaczenie oporu hydrodynamicznego w tym układzie może być zastosowane do śledzenia reakcji immunologicznych zachodzących w kropkach.

Podsumowując powyższą analizę, należałoby wymienić następujące osiągnięcia Habilitanta mające znaczenie poznawcze: wykrycie i ilościowe określenie zmian topologii wirów powstających wewnątrz kropeł poruszających się w kapilarach kwadratowych w zależności od liczby kapilarnej; ilościowy opis mobilności kropeł w zależności od ich długości i stosunku ich lepkości do lepkości fazy ciągłej; rozwinięcie nowej metody pomiaru oporu hydrodynamicznego dla układów kropeł poruszających się

w kapilarach oraz ilościowe wykazanie istnienia oddziaływań hydrodynamicznych między nimi; wykazanie pojawienia się maksimum oporu hydrodynamicznego kropli w zależności od ich długości.

Uzyskane wyniki mają też znaczący aspekt praktyczny dla projektowania uniwersalnych mikroukładów umożliwiających kontrolowaną hodowlę bakterii w chemostatatach kropelkowych dla długich czasów, co pozwala na określenie wpływu antybiotyków na szybkość wzrostu ich populacji. Duże znaczenie praktyczne mogą mieć również rozwinięte przez Habilitanta nowe metody wykrywania procesów aglutynacji

w układach biologicznych wykorzystujące zjawisko tworzenia się wirów oraz zmian właściwości reologicznych (oporu hydrodynamicznego) kropeł.

Należałoby jednak wspomnieć, że znaczenie poznawcze uzyskanych wyników byłoby większe gdyby autor podjął próbę oszacowania wpływu na analizowane procesy istotnych parametrów fizykochemicznych, min. napięć międzyfazowych w analizowanych układach (które należałoby zmierzyć lub ocenić), topologii chemicznej i fizycznej (szorstkości) kanałów mikroprzepływowych, a także ich potencjały elektrokinetyczne (zeta) mogące powodować lokalne zmiany przepływu. Dużym problemem jest też zapewnienie powtarzalności pomiarów gdyż nawet śladowe ilości zanieczyszczeń powierzchniowo aktywnych wpływają w znaczący sposób na napięcia międzyfazowe. Dlatego w tego typu badaniach potrzebna jest staranna analiza statystyczna wyników, umożliwiająca ocenić ich powtarzalność.

Ponadto, korzystne byłoby podjęcie przez Habilitanta próby stworzenia ilościowego modelu hydrodynamicznego analizowanych zjawisk i przeprowadzeni odpowiednich obliczeń we współpracy z wiodącymi ośrodkami naukowymi, np. Instytutem Podstawowych Problemów Techniki PAN .

Pomimo tych uwag, analiza dorobku naukowego przedstawionego w rozprawie habilitacyjnej dr S. Jakiły można stwierdzić, że uzyskane przez niego wyniki stanowią znaczący i oryginalny wkład do dziedziny badań nad układami mikroprzepływowymi.

2. Ocena dorobku naukowego

Dorobek naukowy dr S. Jakięły obejmuje łącznie 43 oryginalnych publikacji, w tym 27 prac w czasopismach listy JCR. Po uzyskaniu stopnia doktora opublikował 24 prace w czasopismach z listy JCR wysokim średnim wskaźniku cytowania oraz 11 artykułów w recenzowanych czasopismach bez wskaźnika cytowania. Sumaryczna liczba wszystkich cytowań publikacji habilitanta bez autocytowań wynosi 281 (baza Web of Science), a wskaźnik H dla całości dorobku naukowego wynosi 10. Są to wskaźniki adekwatne dla kandydatów ubiegających się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

Ponadto, S. Jakięła opublikował dwie monografie oraz jest współautorem trzech patentów polskich oraz trzech patentów zagranicznych. Wyniki swych badań przedstawił osobiście na 10 konferencjach naukowych, w tym 5 międzynarodowych, przedstawił również 26 prezentacji posterowych na konferencjach krajowych i zagranicznych.

Działalność naukowa S. Jakięły związana z doktoratem dotyczyła badań wpływu mikroklimatu na procesy niszczenia materiałów budowlanych, głównie drewna przy zastosowaniu nieinwazyjnych metod opartych na zjawisku emisji akustycznej. Na podstawie tych badań przygotowuje pracę doktorską pt. *Emisja akustyczna drewna w obiektach zabytkowych pod wpływem fluktuacji klimatu*, którą broni w roku 2007. Praca ta została wyróżniona przez Radę Naukową Instytutu kataliz i Fizykochemii Powierzchni PAN.

Po obronie doktoratu odbywa roczny staż badawczy na Uniwersytecie Londyńskim, gdzie kontynuuje podobną tematykę badając wpływ kwasów organicznych na eksponaty muzealne.

Raptowna zmiana zainteresowań naukowych Habilitanta następuje w roku 2009, gdy w ramach projektu badawczego TEAM przenosi się do Instytutu Chemii Fizycznej PAN, do grupy prof. P. Garsteckiego. W tym okresie rozwija efektywną działalność naukową co owocuje licznymi publikacjami i patentami. Tematyka badawcza z tego okresu czasu jest dosyć różnorodna, obejmując obejmującą oprócz powyżej analizowanej min. badanie emulsji wielokrotnych, zastosowania układów mikroprzepływowych do wyznaczania równowag fazowych dla krystalizacji białek, wytwarzanie pułapek

hydrodynamicznych dla kropeł oraz badań mechanizmów reakcji chemicznych w układach kropeł.

Od roku 2014 rozpoczyna działalność w Katedrze Fizyki SGGW gdzie kontynuuje dotychczasowe badania związane z systemami mikroprzepływowymi ramach projektu OPUS, zajmując się również badaniami biosensorów przy zastosowaniu metod piezoelektrycznych.

Reasumując można stwierdzić, że w swych poczynaniach naukowych dr S. Jakiela wykazał się samodzielnością myślenia, dobrym warsztatem naukowym w dziedzinie opisu złożonych procesów mikrohydrodynamicznych i fizykochemicznych, uzyskując szereg ciekawych wyników eksperymentalnych, które weszły do obiegu nauki.

Działalność dydaktyczna dr S. Jakiela jest dosyć obszerna, prowadził bowiem liczne zajęcia w Katedrze Fizyki SGGW, min. wykłady z fizyki, ćwiczenia laboratoryjne i ćwiczenia rachunkowe na różnych wydziałach, był opiekunem naukowym trojga stażystów, a od 2014 roku jest promotorem pomocniczym Pani mgr S. Makulskiej. Prowadził też działalność popularnonaukową organizując warsztaty przyrodnicze i fizyczne.

Habilitant odbył dwumiesięczny staż doktorski w roku 2004 (Technical University Eindhoven) oraz roczny staż podoktorski w roku 2007 (University of London).

Działalność organizacyjna Habilitanta jest związana projektami badawczymi: był kierownikiem projektu MNiSzW Iuventus Plus (lata 2013-2014) oraz NCN OPUS (lata 2015-2018), wykonawcą w projekcie MNiSzW (grant promotorski) w latach 2006-2007, a także w sześciu projektach międzynarodowych, min.: TEAM (lata 2009-2012), IDEA ERC (lata 2012-2015) oraz PAN-NSC: *The mechanism and control of bubble/droplet formation in microchannels*.

Uzyskał stypendium MNiSzW dla młodych wybitnych naukowców w latach 2-13-2015.

Od roku 2014 jest członkiem European Mechanical Society, a od roku 2015 członkiem Polskiego Towarzystwa Biofizycznego.

3. Wniosek końcowy.

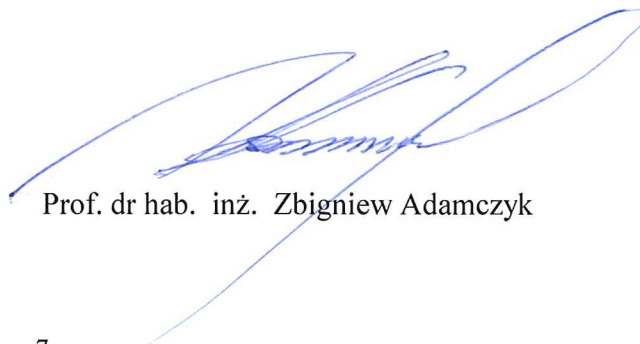
Podsumowując powyższą analizę można stwierdzić, że dorobek naukowy dr S. Jakiły po uzyskaniu stopnia naukowego doktora jest znaczący zarówno w aspekcie ilościowym, jak również jakościowym. Opublikował 24 prace w czasopismach z listy JCR wysokim średnim wskaźniku cytowania, jest również współautorem trzech patentów polskich oraz trzech patentów zagranicznych. Sumaryczna liczba cytowań publikacji Habilitanta bez autocytowań wynosi 281, a wskaźnik H dla całości dorobku naukowego wynosi 10.

Uzyskał szereg wyników doświadczalnych, stanowiących znaczący wkład do fizykochemii procesów związanych z mechanizmami tworzenia i dynamiki kropeł w układach mikroprzepływowych. Główne osiągnięcia Habilitanta mające znaczenie poznawcze to: ilościowe określenie zmian topologii wirów powstających wewnątrz kropeł poruszających się w kapilarach; ilościowy opis mobilności kropeł w zależności od ich długości i stosunku ich lepkości do lepkości fazy ciągłej; rozwinięcie nowej metody pomiaru oporu hydrodynamicznego dla układów kropeł poruszających się w kapilarach oraz ilościowe wykazanie oddziaływań hydrodynamicznych między nimi.

Uzyskane wyniki mają też znaczący aspekt praktyczny, dla projektowania uniwersalnych mikroukładów umożliwiających kontrolowaną hodowlę bakterii w chemostatach kropelkowych. Znaczeni praktyczne mogą też mieć rozwinięte przez Habilitanta nowe metody wykrywania procesów aglutynacji w układach biologicznych wykorzystujące zjawiska reologiczne.

Tak więc, uzyskane przez Habilitanta wyniki stanowią znaczący i oryginalny wkład do dyscypliny Mechanika.

Uwzględniając te fakty, można stwierdzić, że recenzowana rozprawa habilitacyjna spełnia wymogi ustawy z dnia 14.03 2003 o stopniach i tytule naukowym.



Prof. dr hab. inż. Zbigniew Adamczyk