



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Prof. dr hab. Ewa Gudowska-Nowak  
Institute of Theoretical Physics  
ul. Prof. S. Łojasiewicza 11  
30-048 Kraków

Kraków, 14.09.2021

**Recenzja rozprawy habilitacyjnej "Anizotropia oddziaływań hydrodynamicznych w ograniczonej geometrii" oraz dorobku naukowego Pana dr Macieja Lisickiego, w związku z wszczęciem postępowania o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego.**

Osiągnięciem naukowym przedłożonym do recenzji jako rozprawa habilitacyjna Pana dr Macieja Lisickiego jest spójny tematycznie cykl dziewięciu publikacji [A1-A9] omawiających anizotropię oddziaływań hydrodynamicznych w układach o ograniczonej ścianami geometrii. Prezentacja osiągnięcia poprzedzona jest obszernym i wyczerpującym wstępem omawiającym metody teoretyczne stosowane w opisie oddziaływań hydrodynamicznych w przepływach Stokesa oraz wyniki poszczególnych artykułów z uwzględnieniem badanych efektów elastohydrodynamicznych, opisu aktywnego transportu w dyfuzji Browna i ruchu sztucznych mikroplywaków.

Badania nad materią aktywną, której charakterystyczną cechą jest zdolność czerpania energii z otoczenia i przekształcania jej w energię kinetyczną, są w tej chwili na froncie badań światowych skupiających się na zrozumieniu i możliwości kontroli układów samoorganizujących się w różnych skalach czasowych i przestrzennych - od zachowań stadnych ptaków lub ławic ryb po mikroorganizmy pływające w środowiskach wodnych. Szczególnie interesujące w tym zakresie jest zrozumienie dynamiki mikrocząstek pobudzanych i sterowanych zewnętrznymi bodźcami (np. polem magnetycznym, sygnałem akustycznym lub światłem) oraz wykazanie możliwości kontroli ich ruchu przez zastosowanie odpowiednich pól zewnętrznych.

Rozważania teoretyczne nad mechanizmem powstawania przepływu wzdłuż powierzchni spowodowanego różnicą stężeń substancji rozpuszczonej w cieczy doprowadziły do pomysłu konstrukcji syntetycznych pływaków - tzw. cząstek Janusa - wspomnianych w wykładzie noblowskim przez Pierre de Gennes'a. Cząstki takie posiadają niejednorodne powierzchnie wykonane z materiałów różniąc-

cych się charakterystykami fizycznymi, jak np. hydrofobowością. Klasycznymi ich przykładami są sferyczne cząstki pokryte złotem i platyną, które umieszczone w roztworze wody utlenionej zaczynają "samoczynnie" poruszać się w wyniku wzrostu stężenia rozpuszczonego tlenu po jednej ze stron obiektu.

Habilitant poświęca uwagę innemu przykładowi cząstek Janusa, omówionemu w artykule [A3], gdzie pływakami są kule wykonane z anatazu i w połowie pokryte złotem. Używając różnych długości fal światła padającego na takie obiekty można kontrolować (zmieniać) kierunek ich ruchu. Wyniki doświadczalne przedstawione w pracy [A3] powiązane są z przedstawionym tam prostym opisem hydrodynamicznym, który pozwala odtworzyć pole stężenia substancji rozpuszczonej wokół cząstki kulistej. Niezwykle interesujące są przy tym propozycje Autorów [A3] odnoszące się do sposobu wytwarzania przełączalnych fotokatalitycznie sztucznych pływaków: modulując światło można doprowadzić do niemal natychmiastowego odwrócenia kierunku napędu, co pozwala także kontrolować agregację obiektów mogących wzajemnie odpychać się bądź przyciągać. Należy tu dodać, że modele ruchliwości syntetycznych pływaków są wnikliwie analizowane teoretycznie przez Habilitanta w serii innych artykułów [A2,A5,A6] omówionych w rozprawie. Z kolei przyścienna dynamika cząstek osiowosymetrycznych, istotna z punktu widzenia np. translokacji fragmentów pojedynczych nici DNA przez nanopory (lub nanosita), opisana jest w artykułach [A1,A9].

Cząstki o symetrii osiowej poruszające się w pobliżu ściany poddane są dodatkowej anizotropowej sile oporu, która sprzęga się z ich własną anizotropią tarcia. W pracach [A1,A9] Autor formułuje opis teoretyczny, który - ze względu na obecność ściany - uwzględnia anizotropię dyfuzyjności cząstki-pręcika w płynie lepkiem i pozwala na wyliczenie poprawki do tensora tarcia cząstki. Należy podkreślić, że znane wcześniejsze prace dotyczące dynamiki pręta w geometrii kanału (pora) zwykle sprowadzały się do analizy ruchu translacyjnego opisywanego w formalizmie równania Langevina. Podejście zaprezentowane w pracach [A1,A9] pozwala na dalece solidniejszy opis uwzględniający sprzężenia rotacyjno-translacyjne i spowolnienie ruchu nanopręta.

W publikacjach [A4,A8] Habilitant omawia oddziaływania hydrodynamiczne między mikrocząstkami a elastycznymi błonami. Opisywany tam układ przedstawia dimer sferycznych cząstek obracających się w przeciwnych kierunkach w pobliżu sprężystej błony, przy zerowym wypadkowym momencie sił działających na układ. Wyniki analizy wskazują, że indukowana prędkość dimeru wokół jego środka masy zależy od sztywności błony, która wpływa na wartość i kierunek obrotu. Dyfuzyjny transport w obecności ścianek przedstawiony jest w cyklu prac [A4-A9] z interesującym wątkiem dotyczącym pochodzenia obserwowanej doświadczalnie niegaussowskiej charakterystyki dwuwymiarowych rozkładów prawdopodobieństwa opisujących dyfuzję brownowską przemieszczających się molekuł o kształcie bumerangu.

Bezspornie wysokim walorem wszystkich publikacji dr Lisickiego zgłoszonych jako osiągnięcie naukowe jest możliwość zastosowania otrzymanych wyników w inżynierii materiałowej inspirowanej układami biologicznymi. Ruchy naturalnych pływaków i motorów molekularnych odbywają się przy bardzo niskiej liczbie Reynoldsa, gdzie dominują efekty lepkości. Zrozumienie adaptacji

i lokomocji organizmów żywych w takich warunkach pozwala na futurystyczne prognozowanie budowy i napędu nanomaszyn i nanorobotów, które mogłyby wspierać transport ładunków (białek, leków) w układach biologicznych. Z tej perspektywy wkład dr Lisickiego do analizy własności hydrodynamicznych w mikroskali należy uznać za *znaczący udział Kandydata do stopnia w rozwiązaniu konkretnego problemu badawczego*, zgodnie z wytycznymi przedstawionymi w Ustawie 2.0<sup>1</sup>.

Wszystkie publikacje [A1-A9] złożone jako osiągnięcie będące przedmiotem oceny są wieloautorskie. W załączniku nr 4 do autoreferatu dr Lisicki omawia swój wkład autorski w powstanie każdej z nich. Z oświadczenia wynika, że główną rolę dr Lisickiego w omawianym projekcie badawczym było rozwinięcie i testowanie przyjętych modeli teoretycznych oraz prowadzenie symulacji numerycznych. Oświadczenie wkładu autorskiego dr Lisickiego zostało dodatkowo potwierdzone dla czterech publikacji [A3-A6] przez współautorów E. Lauge i H. Löwena.

Załącznik nr 4 przedstawia także informacje wykazujące istotną aktywność naukową Kandydata: w okresie po otrzymaniu stopnia doktora pan Maciej Lisicki wygłosił kilkanaście wykładów na konferencjach międzynarodowych, miał zaproszone wystąpienia w badawczych ośrodkach krajowych i zagranicznych, odbył dwukrotnie kilkumiesięczne staże naukowe na Uniwersytecie w Cambridge, gdzie również prowadził 30 miesięczne badania w oparciu o fundusze pozyskane przez grant Mobilność Plus, był kierownikiem dwóch grantów Preludium NCN i beneficjentem stypendium START FNP. Poza pracami [A1-A9] zgłoszonymi jako osiągnięcie *Anizotropia oddziaływań hydrodynamicznych w ograniczonej geometrii* dr Lisicki jest współautorem 12 innych publikacji, w tym 8 po uzyskaniu stopnia doktora. W dniu składania wniosku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego publikacje pana Lisickiego były cytowane<sup>2</sup> (bez autocytowań) ponad 150 razy z indeksem H=9.

Ze imponujące należy uznać osiągnięcia Habilitanta w zakresie dydaktyki i popularyzacji wyników badań naukowych: dr Lisicki prowadził zajęcia z fizyki statystycznej, fizyki układów biologicznych i hydrodynamiki, mechaniki ośrodków ciągłych i analizy matematycznej. W roku akademickim 2013/2014 uhonorowany został Nagrodą Dydaktyczną Dziekana za wyróżniające prowadzenie ćwiczeń. Działalność dydaktyczną prowadził także w ramach tutoriali dla studentów Uniwersytetu w Cambridge. Jest twórcą znakomitych filmów edukacyjnych udostępnianych na kanale Youtube.com oraz autorem artykułów popularnonaukowych publikowanych w *Delcie* i w *Postęпах Fizyki*.

Przedstawiona mi do oceny dokumentacja świadczy nie tylko o biegłości Kandydata w zakresie teoretycznego opisu tzw. materii miękkiej oraz oddziaływań w aktywnych i pasywnych układach w mikroskali, ale dowodzi też badawczego entuzjazmu Habilitanta, który znajduje satysfakcję w tłumaczeniu szerokiemu gronu odbiorców zjawisk powiązanych z mikroskalową dynamiką płynów.

Dorobek naukowy dr Macieja Lisickiego wskazuje na jego dużą niezależność

<sup>1</sup> Ustawa z 20.07.2018 roku "Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce", Art.219, ust.1, pkt. 2

<sup>2</sup> wg bazy Web of Science

w prowadzeniu samodzielnych projektów badawczych, umiejętność nawiązywania kontaktów i prowadzenia współpracy naukowej, a jego aktywność znajduje odzwierciedlenie w uznaniu środowiska zajmującego się podobną tematyką badawczą.

Uważam, że Habilitant spełnia wyczerpująco wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie nauki fizyczne i pozytywnie opiniuję złożony przez niego wniosek.



Prof. dr hab Ewa Gudowska-Nowak

*Ewa Gudowska-Nowak*  
Kraków, 17.09.2021