

17.06.2021

Recenzja rozprawy habilitacyjnej w postaci cyklu publikacji
pt.: "Anizotropia oddziaływań hydrodynamicznych w ograniczonej geometrii"
oraz dorobku naukowego i osiągnięć organizacyjno-dydaktycznych dra Macieja Lisickiego

Dr Maciej Lisicki ukończył studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego i otrzymał tytuł magistra fizyki w 2011 roku na podstawie pracy "One-particle correlation function in evanescent wave dynamic light scattering". Następnie odbył studia doktoranckie na tym samym wydziale i w 2015 roku otrzymał stopień naukowy doktora na podstawie rozprawy "Evanescent wave scattering by optically anisotropic Brownian particles". Promotorem prac magisterskiej i doktorskiej był prof. dr hab. Bogdan Cichocki.

W latach 2015-2019 Habilitant odbył staże podoktorskie na Uniwersytecie w Cambridge oraz krótsze pobyty badawcze w wielu znakomitych ośrodkach, a obecnie jest adiunktem na Wydziale Fizyki UW. Wcześniej, w latach 2011-2014 a więc podczas studiów doktoranckich, wizytował Forschungszentrum Jülich. Otrzymał więc znakomite wykształcenie i miał możliwość zajmowania się wieloma ważnymi i aktualnymi zagadnieniami we współpracy z wybitnymi uczonymi, do których należą m. in. prof. E. Lauga, prof. J. Dhont, prof. H. Löwen, prof. J. Vermant. Artykuły wchodzące w skład rozprawy są wynikiem tej współpracy. Należy podkreślić, że po obronie doktoratu tylko jedna praca (ale bardzo ważna) powstała wspólnie z promotorem prac doktorskiej i magisterskiej, co świadczy o usamodzielnieniu się i dalszym niezależnym rozwoju dra Lisickiego.

Rozprawę habilitacyjną stanowi cykl 9 spójnych tematycznie publikacji, dotyczących dynamiki różnych mikroobiektów w lepkim płynie, w pobliżu ograniczającej ściany. Dr Lisicki jest pierwszym autorem publikacji [A9], w publikacji [A1] jest autorem korespondencyjnym, a pierwszym autorem jest doktorant pracujący pod jego opieką. Świadczy to o niewątpliwej samodzielności Habilitanta w proponowaniu tematów badawczych i ich rozwiązywaniu, a także o zdolności do kierowania młodą kadrą naukową. W pracach [A2], [A7] i [A8] jest jednym z autorów mających równorzędny wkład potwierdzony stosowną adnotacją w artykule. W pracy [A3] zawierającej wyniki eksperymentalne i teoretyczne jest drugim autorem, przy czym pierwszy autor prowadził eksperymenty. W pozostałych pracach zawierających wyniki teoretyczne i numeryczne jest drugim autorem, będącym głównym twórcą opisu teoretycznego. Wiodącą rolę dr Lisickiego w pracach [A3] i [A4-A6] potwierdzają listy od prof. E. Laugi i H. Löwena. Podsumowując stwierdzam, że opis teoretyczny zjawisk opisanych w w/w cyklu publikacji jest samodzielnym osiągnięciem naukowym Habilitanta i stanowi podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

Wszystkie artykuły wchodzące w skład cyklu zostały opublikowane w prestiżowych czasopismach, w tym: Nat. Commun. (1), J. Chem. Phys. (3), J. Phys.: Condens. Matter (2), Phys. Rev. Applied (1), Soft Matter (1), J. Fluid Mech. (1). Liczba cytowań wskazana przez Habilitanta nie jest jeszcze imponująca, ale szybko rośnie (w bazie Google Scholar wzrosła z 305 do 331), podobnie jak indeks Hirscha, który wzrósł od momentu składania dokumentacji do obecnej chwili z 11 do 12. Świadczy to o tym, że prace Habilitanta są coraz bardziej zauważane i doceniane.



Omawiany cykl publikacji poświęcony jest bardzo trudnemu zagadnieniu dynamiki mikroobiektów, w ogólności niesferycznych, w lepkim płynie w pobliżu ściany lub w szczelinie. Oprócz anizotropii wynikającej z kształtu cząstek, pojawiają się anizotropowe oddziaływania hydrodynamiczne ze ścianą. Obecność ściany lub ścian, sztywnych lub elastycznych, jednorodnych lub zawierających centrum przyciągające zawieszono w cieczy mikroobiekty, istotnie wpływa na dynamikę cząstek pasywnych lub aktywnych albo mikroplywaków. Jednocześnie obecność brzegu o różnych własnościach prowadzi do dużej złożoności i w konsekwencji dużych trudności technicznych w teoretycznym opisie i przewidywaniach postaci dynamiki dla różnych stanów początkowych. Podstawą otrzymania wyników jest rozwiązanie równań Stokesa, a centralnymi wielkościami są uogólniony tensor tarcia i tensor ruchliwości, które w obecności powierzchni są zależne od położenia i orientacji cząstki. Dla otrzymania wyników i ich interpretacji dla szerokiego zakresu położenia i orientacji pływających mikroobiektów, kluczowe jest dokonanie fizycznie i matematycznie uzasadnionych przybliżeń.

Ważnym osiągnięciem dra Lisickiego jest rozwinięcie uproszczonych modeli matematycznych uwzględniających oddziaływania hydrodynamiczne między różnymi mikroobiektami i różnymi ścianami. Uproszczony opis pozwolił na otrzymanie przybliżonych rozwiązań i interpretację wyników teoretycznych, numerycznych i eksperymentalnych dla szeregu zagadnień istotnych tak z podstawowego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Wszystkie publikacje wchodzące w skład cyklu oceniam bardzo wysoko.

Autoreferat nie jest częścią rozprawy, chciałabym jednak podkreślić, że ma on postać dobrze i klarownie napisanego artykułu przeglądowego i także zasługuje na wysoką ocenę.

W Autoreferacie dr Lisicki podzielił swoje osiągnięcia na 4 kategorie:

- (i) Przyścienna hydrodynamika cząstek osiowosymetrycznych [A1-A6, AB, A9].
- (ii) Efekty elastohydrodynamiczne w ograniczonej geometrii [A4, A8].
- (iii) Aktywny transport i sztuczne mikroplywaki w ograniczonej geometrii [A2-A6].
- (iv) Dyfuzyjny transport w obecności ścianek [A1, A4-A9].

Jednak wyniki przedstawione w w/w publikacjach można grupować także na inne sposoby. Omawiając i oceniając bardziej szczegółowo osiągnięcia dra Lisickiego, najpierw opiszę dynamikę osiowosymetrycznych cząstek pasywnych, następnie cząstek aktywnych i ich wpływ na sąsiadujące cząstki pasywne, kolejno dynamikę pływaków trójkulowych i w końcu dyfuzję cząstek w kształcie bumerangu.

Podstawowym wynikiem pozwalającym na zbadanie dynamiki cząstek osiowosymetrycznych w pobliżu różnych powierzchni są przybliżone, analityczne wyrażenia na tensor tarcia otrzymane w pracy [A9]. Tensor został przedstawiony jako suma tensora w nieograniczonej przestrzeni dla badanej cząstki i poprawki. Postać poprawki została otrzymana w rozwinięciu perturbacyjnym w potęgach odwrotności odległości od ściany. Współczynniki rozwinięcia zależą od tensora w objętości i kąta osi cząstki względem ściany. Zadanie było nietrywialne i rachunki bardzo żmudne, ale ogólne wyrażenia dla całej klasy kształtów osiowosymetrycznych cząstek ogromnie ułatwią otrzymanie wyników dla wielu poszczególnych przypadków. Wyniki tej ważnej pracy zostały wykorzystane w pracach [A1], [A8] i [A4].

Pierwsza z nich ([A1]) poświęcona jest analizie dynamiki pręta przyciąganego elektrostatycznie do punktowego ładunku umieszczonego na płaskim, sztywnym brzegu układu. Otrzymane wyniki pozwalają określić typ ruchu pręta w różnych obszarach nad powierzchnią. W tym przypadku prócz odległości od powierzchni, istotna jest odległość pręta od ładunku punktowego w kierunku równoległym do powierzchni. Praca była motywowana zagadnieniem sekwencjonowania wydłużonych molekuł o biologicznym znaczeniu przez nanopory i dotyczyła sposobu zbliżania się cząstek do nanopora (modelowanego przez ładunek punktowy).



IChF

Instytut Chemii Fizycznej PAN

W pracy [A8] analizowana jest dynamika pręta w pobliżu elastycznej membrany. Otrzymana poprawka do tensora ruchliwości swobodnego pręta związana z obecnością membrany zależy od częstości jej drgań i wynika z odbicia przepływu wywołanego przez cząstkę od membrany. Dr Lisickiemu udało się otrzymać przybliżoną postać wiodącej poprawki jako funkcję odwrotności odległości od membrany, podobnie jak w pracy [A9].

Praca [A4] poświęcona jest parze kul wirujących w przeciwnych kierunkach z wektorem prędkości kątowej równoległym do linii łączącej ich środki i do membrany. Oddziaływania hydrodynamiczne indukują obrót dubletu wokół osi prostopadłej do membrany. Co ciekawe, Autorzy pokazali, że kierunek i prędkość tego obrotu zależy od własności sprężystych membrany.

Podsumowując tę część Osiągnięcia, stwierdzam że dr Lisicki otrzymał wartościowe z podstawowego punktu widzenia i użyteczne z praktycznego punktu widzenia wyniki dla konkretnych zagadnień. Rozwinięte przybliżenie z analitycznymi wyrażeniami w rozwinięciu perturbacyjnym mogą ponadto znacznie ułatwić analizę wielu innych konkretnych układów zawierających różne cząstki w pobliżu ścian o różnych własnościach.

Kolejnym, wartościowym osiągnięciem Habilitanta jest opracowanie uproszczonego (minimalnego) modelu hydrodynamicznego dla nowego układu cząstek aktywnych w pobliżu powierzchni. Cząstki Janusa, w połowie pokryte złotem, po naświetleniu zyskują różną aktywność fotokataliczną dla różnych półkul, prowadzącą do gradientu stężeń i w konsekwencji do ruchu cząstki w określonym kierunku. Kierunek napędu zależy od długości fali światła i zmieniając tę długość, można bardzo szybko zmienić kierunek ruchu cząstki i badać wpływ takich raptownych zmian na dynamikę sąsiadujących cząstek pasywnych. W omawianej pracy przeprowadzone eksperymenty były opisane i wyjaśnione modelem którego głównym autorem jest dr. Lisicki. W pracy pokazano m.in. że aktywne cząstki dzięki oddziaływaniom z cząstkami pasywnymi mogą prowadzić do ich skupiania lub do rozszczepiania skupisk. Praca ta jest warta odnotowania ze względu na połączenie nowatorskich eksperymentów z modelowaniem teoretycznym kolektywnych ruchów cząstek aktywnych i pasywnych.

Aktywny ruch mikroobektów o innym charakterze badany jest w pracach [A2, A5, A6]. Tym razem Habilitant bada dynamikę trójkulowego pływaka Najafiego-Golestaniana w pobliżu powierzchni i w szczelinie. W tym pływaku środki kul znajdują się na jednej linii a ich położenia oscylują z przesunięciem fazowym, co prowadzi do ruchu po prostej trajektorii w nieograniczonej przestrzeni. Bardzo ciekawym wynikiem tej serii prac jest obserwacja, że obecność ściany prowadzi do zasadniczej zmiany dynamiki pływaka w porównaniu do nieograniczonej przestrzeni i szczegółowy opis tej dynamiki w konkretnych układach. Prace te były motywowane obserwacjami dotyczącymi różnorodnych własności dynamiki pływających mikroorganizmów przy dnie lub przy powierzchni.

W pracy [A6] rozważana jest pojedyncza ściana i spoczywający płyn. Wyprowadzenie równań ruchu i ich scałkowanie numeryczne pozwoliło na klasyfikację rodzajów ewolucji w zależności od początkowego położenia i orientacji pływaka. Może on uciec od powierzchni, być przez nią uwięziony i unosić się ustawiony prostopadle lub wykonywać złożony ruch oscylacyjny.

Ewolucja w kanale o różnej szerokości badana jest w pracy [A5], gdzie pojawiają się dodatkowe scenariusze związane z uwięzieniem przy jednej ze ścian lub w centrum szczeliny i ruchem oscylacyjnym w centrum lub w pobliżu jednej ze ścian.



IChF

Instytut Chemii Fizycznej PAN

Bardziej złożona sytuacja badana jest w pracy [A2], gdzie jedna z kul jest większa i pływak znajduje się w przepływie ścinającym. Większa kula reprezentuje ładunek transportowany przez aktywnego „mikrorobota”. Większa kula może być pchana lub ciągnięta, co w sposób istotny wpływa na dynamikę. W pracy przedstawiona jest szczegółowa analiza dynamiki pływaka dla różnych prędkości przepływu i różnych położeń i orientacji, i znalezione są stany stacjonarne dla pchania i ciągnięcia „ładunku”. W obu przypadkach pływak może płynąć pod prąd.

W pracy [A7] wyjaśnione są wyniki pomiarów dwuwymiarowej dyfuzji cząstek o kształcie bumerangu, sugerujące niegaussowską postać rozkładu prawdopodobieństwa dla położenia geometrycznego środka bumerangu. Ilościowy teoretyczny opis gęstości prawdopodobieństwa położeń i orientacji w omawianej pracy pozwolił odtworzyć wyniki eksperymentów bez wolnych parametrów.

Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że przedstawione do oceny Osiągnięcie jest wartościowym wkładem w naukę i wskazuje na dojrzałość i samodzielność naukową dra Lisickiego.

Bardzo pozytywne wrażenie sprawia też dorobek naukowy dr Lisickiego nie uwzględniony w osiągnięciu, jego działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska.

Dr Lisicki jest współautorem w sumie 21 artykułów w renomowanych czasopismach, w tym w Phys. Rev. Lett, eLife, J. Chem. Phys, Soft Matter, J. Fluid Mech., Phys. Rev. E. Prace te na ogół dotyczą szerszej tematyki związanej z oddziaływaniami hydrodynamicznymi i dynamiką mikroobiektów w lepkim płynie. Habilitant jest więc w pełni dojrzałym specjalistą w tematyce związanej z przedstawionym do oceny Osiągnięciem.

Dr Lisicki prezentował swoje wyniki na wielu międzynarodowych konferencjach, gdzie miał w sumie 26 wystąpień ustnych (w tym wykład na zaproszenie) i plakatów oraz na zaproszonych seminariach. Aktywność na tym polu także zasługuje na wysoką ocenę.

Osiągnięcia dydaktyczne dra Lisickiego obejmują ćwiczenia i wykłady dla studentów na Wydziale Fizyki UW i na Wydziale Matematyki Stosowanej i Fizyki Teoretycznej (DAMTP) oraz Trinity College, University of Cambridge. Są one bardziej niż wystarczające do otrzymania stopnia dra habilitowanego. Warto podkreślić, że otrzymał on Nagrodę Dydaktyczną Dziekana Wydziału Fizyki za wyróżniające się prowadzenie ćwiczeń do wykładu Analiza w r. akad. 2013/2014.

Aktywność Habilitanta w działalności organizacyjnej wyróżnia się na tle typowej aktywności na tym etapie rozwoju naukowego. Dr Lisicki jest członkiem Komitetu Głównego Olimpiady Fizycznej, odpowiada za wybór i omówienie problemów konkursowych. Był Prezesem Trinity College Post Doctoral Society w trakcie stażu doktorskiego. Był też członkiem komitetu organizacyjnego 3 konferencji. Kierował lub kieruje obecnie 4 projektami naukowymi. Recenzował 20 artykułów dla renomowanych czasopism.

Ponadto dr Lisicki jest autorem 7 artykułów popularnonaukowych, z których artykuł „Cząstki Janusa, syntetyczne pływaki i materia aktywna w mikroskali” opublikowany w Postęпах Fizyki otrzymał I nagrodę w konkursie na najlepszy artykuł popularnonaukowy organizowanym przez Polskie Towarzystwo Fizyczne. Jest też autorem filmu popularnonaukowego i brał udział w kilku wydarzeniach popularnonaukowych w Polsce i Wielkiej Brytanii.

Wielka aktywność Habilitanta w działalności organizacyjnej i popularyzatorskiej przy jednoczesnych dużych osiągnięciach naukowych i zaangażowaniu w działalność dydaktyczną budzi szczerzy podziw.



IChF

Instytut Chemii Fizycznej PAN

Podsumowując, wysoko oceniam Osiągnięcie naukowe Habilitanta polegające na opisie teoretycznym wpływu oddziaływań hydrodynamicznych w ograniczonej przestrzeni na dynamikę mikroobiektów. Prace te stanowią oryginalny i wartościowy wkład w naukę. Dorobek naukowy, działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska z nadatkiem spełniają ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane habilitantom. Wnoszę o dopuszczenie dra Lisowskiego do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.



IChF
Instytut Chemii Fizycznej PAN

Z poważaniem