UNIWERSYTET WARSZAWSKI
BIURO RAD NAUKOWYCH
2025 -02- 12
WPŁYNĘŁO
L.dz. 149 Podpis

Prof. dr hab. Lech Longa
Uniwersytet Jagielloński,
Instytut Fizyki Teoretycznej

Ocena osiągnięć naukowych

dr. Jeffreya Christophera Evertsa

w związku z postępowaniem habilitacyjnym

Dr Jeffrey Christopher Everts ukończył studia magisterskie na Uniwersytecie w Utrechcie w Instytucie Fizyki Teoretycznej w roku 2012; jego bezpośrednią opiekunką była wtedy prof. dr. Cristiane de Morais Smith. Z tym Instytutem związany był jeszcze przez następne cztery lata jako doktorant. Rozprawę doktorską pt. *„Colloidal dispersions of repulsive nanoparticles: tunable effective interactions, phase behaviour and anisotropy"* wykonaną pod kierunkiem prof. dr. René van Roija obronił 19tego września 2016 roku uzyskując stopień doktora na Wydziale Nauk Ścisłych Uniwersytetu w Utrechcie. Od stycznia 2017 roku do dzisiaj kandydat współpracował z najlepszymi światowymi ośrodkami z zakresu materii miękkiej. Cztery lata, do 2020 roku spędził na stażu podoktorskim na Uniwersytecie w Ljubljanie pracując z M. Ravnikiem. Na krótko, przez 2 miesiące, przebywał jako naukowiec wizytujący w Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences w ramach programu badawczego „The Mathematical Design of New Materials", gdzie nawiązał współpracę z Soft Matter Group profesora Ivana Smalyukha z Universytetu w Colorado. Następnie odbył kolejny staż podoktorski, tym razem w Instytucie Chemii Fizycznej, Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, a od października 2022 jest zatrudniony w Instytucie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego.

Dorobek naukowy dr. J. C. Evertsa obejmuje 18 publikacji, z czego 7 powstało przed uzyskaniem stopnia doktora. Do tego zestawienia warto dodać również prace spoza tej listy: (a) niezwykle interesującą publikację z zakresu mikrohydrodynamiki, zatytułowaną *Brownian motion at various length scales with hydrodynamic and direct interactions*, napisaną wspólnie z Robertem Hołystem oraz Karolem Makuchem, która jako preprint jest dostępna na arXiv:2412.15017 (2024). Ponadto, na uwagę zasługują dwie wieloautorskie prace stanowiące podsumowanie dyskusji dotyczących różnych aspektów termodynamiki: (b) Phase behaviour and thermodynamics: general discussion, A. Abbott et al., Faraday Discussions 206, 113–139 (2018) oraz (c) Ionic liquids at interfaces: general discussion, A. Abbott et al., Faraday Discussions 206, 549–586 (2018). Obie te publikacje/dyskusje są cytowane, co dodatkowo jest warte podkreślenia.

Wartość merytoryczna prac dr Evertsa jest znacząca – większość z nich została opublikowana w najbardziej prestiżowych czasopismach z listy Filadelfijskiej, takich jak *Science Advances (1)*, *PNAS (1)*, *Physical Review X (1)*, *Physical Review Letters (5)*, *Scientific Reports (1)*, czy *Physical Review B (1)*. Publikacje habilitanta były cytowane 410 razy (Scopus), co, bez wątpienia, na tym etapie kariery akademickiej, stanowi znaczący dorobek, dobrze udokumentowany w literaturze przedmiotu. Dr. Everts jest także autorem jednej samodzielnej publikacji (*Screened Coulomb interactions of general macroions with nonzero particle volume*, *Phys. Rev. Research* **2**, 033144 (2020)), co – ze względu na specyfikę uprawianej przez niego tematyki – potwierdza jego zdolność do samodzielnego prowadzenia badań i pisania publikacji naukowych.

Osiągnięcie naukowe zatytułowane „Elektryczne warstwy podwójne w płynach anizotropowych" obejmuje pięć oryginalnych prac opublikowanych w latach 2020–2023 w: *Science Advances* (1, IF = 14,1), *Physical Review X* (1, IF = 11,6), *Physical Review Letters* (2, IF = 8,1) oraz

Liquid Crystals (1, IF = 2,4). W ramach tego cyklu dr Everts jest współautorem trzech prac z jednym współautorem, jednej pracy z dwoma współautorami oraz jednej pracy z czterema współautorami. W trzech spośród tych publikacji figuruje jako pierwszy autor. Na podstawie oświadczeń współautorów, których znam z innych prac i konferencji, a także specyfiki prowadzonych badań, mogę ocenić wkład dr. Evertsa jako istotny. Ponadto, ze względu na jego profil teoretyczny oraz doświadczenie zdobyte w Lubljanie i Cambridge, większość rozwiązań teoretycznych przedstawionych w tych pracach nie zostałaby, moim zdaniem, opracowana bez jego aktywnego udziału.

W pierwszej pracy cyklu habilitacyjnego [A1] dr Everts ze współautorami bada sprzężenie prądów jonowych z dynamiką tekstury nematycznej w jednoosiowym elektrolicie nematycznym. Rozwijając koncepcję spintroniki, autorzy analizują analogię między porządkiem nematycznym a spinem, gdzie jony pełnią rolę nośników ładunku zamiast elektronów. Wykazują, że sprzężenie stopni swobody jonowych i nematycznych prowadzi do sterowania teksturą nematyczną za pomocą prądu jonowego oraz pompowania jonów poprzez dynamikę nematyczną, co przypomina efekt Lehmanna. W pracy opracowano równania ruchu dla elektrolitycznych ciekłych kryształów, bazując na zasadzie najmniejszej dyssypacji energii. Wyprowadzono moment nematyczny, czyli siłę motoryczną wywieraną przez jony na dyrektor nematyczny, oraz odwrotne sprzężenie, w którym zmiana orientacji direktora wpływa na transport jonowy. Nowatorskim elementem jest teoretyczny model sprzężenia oraz metoda jego eksperymentalnej detekcji za pomocą pomiarów impedancji. Autorzy wskazują na możliwość kontrolowanego transportu ładunku i magazynowania energii poprzez defekty topologiczne. Przedstawiają również proste modele ilustrujące to zjawisko i proponują sposób określania siły sprzężenia za pomocą pomiarów w komórce nematycznej. Wyniki mogą stanowić podstawę do rozwoju nematroniki – nowej dziedziny technologii sterowania defektami topologicznymi i transportem ładunku w materiałach nematycznych.

W pracy [A2] dr Everts i prof. Ravnik analizują wykorzystanie defektów topologicznych w nematykach jako lokalnych nośników ładunku elektrycznego. W konwencjonalnych elektrolitach separacja ładunku wymaga obecności powierzchni, co ogranicza projektowanie nowych materiałów elektrochemicznych. W nematycznych elektrolitach defekty topologiczne mogą pełnić funkcję obszarów lokalnej separacji ładunku, tworząc naładowane jądra i wielowarstwowe struktury elektryczne, analogiczne do podwójnych warstw elektrycznych w izotropowych elektrolitach. Korzystając z formalizmu Landaua-de Gennesa-Poissona-Boltzmanna, autorzy opisali mechanizm sprzężenia jonów z defektami topologicznymi, wynikający z różnic w ich rozpuszczalności oraz odkształceń dyrektora spowodowanych efektem fleksoelektrycznym. Analizowane przypadki obejmują defekty punktowe, liniowe i ściany defektów, zarówno w interfejsach izotropowo-nematycznych, jak i w układach stabilizowanych przez naładowane cząstki koloidalne, co potwierdza uniwersalność zjawiska. Wyniki sugerują, że defekty topologiczne mogą działać jak rozproszone kondensatory jonowe, otwierając nowe możliwości precyzyjnego sterowania ładunkiem elektrycznym w miękkiej materii. Autorzy wskazują na możliwość kontroli ładunków bez konieczności stosowania powierzchni, co może znaleźć zastosowanie w mikroelektronice miękkiej materii. Zaproponowano także szereg eksperymentów umożliwiających weryfikację tych przewidywań.

W pracy [A3] dr Everts i współautorzy badają anizotropowe ekranowanie elektrostatyczne naładowanych koloidów w nematycznym rozpuszczalniku, łącząc eksperyment z teorią opracowaną przez dr Ewartsa. Zjawisko to jest kluczowe dla oddziaływań elektrostatycznych w miękkiej materii i układach biologicznych. Aby zbadać wpływ anizotropii, zastosowano układ doświadczalny z naładowanymi koloidami o kształcie przypominającym pierogi (dumpling-shaped colloids) w ciekłym krysztale nematycznym. Wykazano, że anizotropia materiału różni się od anizotropii samych cząstek, a długość ekranowania Debye'a staje się kierunkowo zależna, w przeciwieństwie do izotropowych

elektrolitów. Co więcej, konkurencja między oddziaływaniami elektrostatycznymi a elastycznymi prowadzi do metastabilnych stanów, w których separacja cząstek zależy od ładunku powierzchniowego koloidów. Analiza teoretyczna, oparta na rozszerzonym podejściu DLVO dla anizotropowych układów koloidalnych, wykazała istnienie różnych reżimów oddziaływań. W przypadku silnie naładowanych cząstek obserwuje się pełne odpychanie, niezależnie od odległości i kąta. Przy umiarkowanych ładunkach powierzchniowych pojawiają się słabe lokalne minima potencjału, pozwalające na przemieszczanie cząstek w wyniku fluktuacji termicznych. Dla jeszcze mniejszych wartości ładunku dominują oddziaływania elastyczne, które prowadzą do kierunkowo preferencyjnych interakcji przyciągających i odpychających. Eksperymentalnie wykazano, że dla $Z_{eff} \approx 300e$ występują metastabilne minima potencjału, natomiast dla $Z_{eff} \approx 150e$ przeważają oddziaływania elastyczne. Przeprowadzone badania dostarczają fundamentalnego zrozumienia anizotropowego ekranowania elektrostatycznego w ciekłych kryształach oraz jego wpływu na samoporządkowanie i stabilność układów koloidalnych. Wyniki te otwierają nowe możliwości w projektowaniu układów koloidalnych opartych na anizotropowych oddziaływaniach elektrostatycznych.

Istotną częścią dorobku dr. Evertsa są badania nad mechanizmami kontroli zakotwiczenia powierzchniowego ciekłych kryształów [A4], wynikającego z oddziaływań molekuł nematycznych z powierzchnią materiału, takiego jak szkło, polimery czy granica ciecz-gaz. Wraz z prof. Ravnikiem wykazał, że w nematycznych elektrolitach siła zakotwiczenia powierzchniowego może być modyfikowana przez ładunek powierzchniowy, stężenie jonów oraz efekty fleksoelektryczne, co pozwala nie tylko na zmianę jego wartości, ale także rodzaju, np. z planarnego na skośne. Autorzy przewidzieli możliwość precyzyjnego sterowania zakotwiczeniem poprzez zmianę stężenia soli, w reżimie, gdzie elektrostatyczne zakotwiczenie (zależne od ekranowanego ładunku powierzchniowego) konkuruje z zakotwiczeniem nieelektrostatycznym. Wyniki te otwierają nowe możliwości w projektowaniu układów ciekłokrystalicznych o kontrolowanych właściwościach powierzchniowych.

W ostatniej pracy z cyklu [A5] dr Everts wraz z prof. Ravnikiem wykazali, że defekty topologiczne w ciekłych kryształach nematycznych domieszkowanych jonami mogą służyć do manipulowania rozkładem ładunku powierzchniowego na chemicznie jednorodnych, regulujących ładunek powierzchniach ograniczających. Położenie i typ defektu determinują precyzyjny profil ładunku powierzchniowego, a efekt ten jest szczególnie silny w fleksoelektrycznych ciekłych kryształach nematycznych. Koncepcję tę zaprezentowano zarówno dla powierzchni wzorcowanych, jak i naładowanych kulistych cząstek koloidalnych, wskazując na nowatorską metodę kontrolowania ładunków powierzchniowych bez konieczności chemicznej modyfikacji powierzchni. Wyniki te mogą znaleźć zastosowanie w projektowaniu materiałów ciekłokrystalicznych o dynamicznie regulowanych właściwościach elektrostatycznych.

Reasumując, prace składające się na cykl habilitacyjny dr. Evertsa koncentrują się na oddziaływaniu ładunków elektrycznych jonów, czy koloidów z anizotropową strukturą ciekłych kryształów nematycznych, szczególnie na sprzężeniu stopni swobody jonowych i nematycznych, fleksoelektryczności oraz wpływie defektów topologicznych na właściwości elektrostatyczne tych układów. Badania wykazały, że jonowe i nematyczne stopnie swobody są silnie sprzężone, a jony w nematycznych elektrolitach nie rozmieszczają się izotropowo, lecz ich transport i lokalizacja zależą od orientacji direktora ciekłokrystalicznego. Efekty fleksoelektryczne odgrywają kluczową rolę w rozmieszczaniu ładunków i mogą prowadzić do nietypowych zjawisk, takich jak pompowanie ładunku [A1] oraz tworzenie wielowarstwowych struktur ładunkowych [A2]. Defekty topologiczne okazały się istotnymi centrami sterowania elektrostatycznego. Odpowiadają za organizację przestrzennego rozkładu ładunków [A2, A5] oraz wpływają na mechanizmy ekranowania elektrostatycznego [A3]. Ich obecność umożliwia także manipulację ładunkami powierzchniowymi w miękkiej materii, co może znaleźć

zastosowanie w mikroelektronice. Prace te wprowadzają nową koncepcję defektów topologicznych jako lokalnych nośników ładunku elektrycznego, podkreślając ich zdolność do gromadzenia ładunku dzięki fleksoelektrycznemu sprzężeniu z jonami. Badania wykazały również, że ekranowanie elektrostatyczne w ciekłych kryształach nematycznych jest anizotropowe, a jego długość zależy od kierunku dyrektora [A3]. Ponadto, zakotwiczenie powierzchniowe dyrektora może być modyfikowane przez ładunek powierzchniowy i stężenie jonów [A4], co pozwala na precyzyjną kontrolę jego orientacji. Wyniki tych badań mogą znaleźć zastosowanie w mikroelektronice, samoorganizacji koloidów i aktywnej materii. Proponowane podejścia umożliwiają sterowanie defektami topologicznymi w celu kontrolowanego transportu ładunku [A1], a także projektowanie koloidalnych układów o regulowanych oddziaływaniach elektrostatycznych [A2, A3]. Defekty topologiczne mogą również regulować interakcje naładowanych obiektów na poziomie mikro- i nano- [A4, A5], co otwiera perspektywy dla technologii mikrofluidycznych, biofizycznych i materiałowych. Cały cykl badań eksploruje nowe zjawiska elektrostatyczne w ciekłych kryształach nematycznych w obecności jonów i koloidów, wskazując na możliwość dynamicznej kontroli ładunków i zakotwiczenia powierzchniowego. Wyniki mogą znaleźć zastosowanie w technologiach miękkiej materii, inżynierii koloidalnej oraz mikroelektronice ciekłokrystalicznej, oferując nowe podejście do zarządzania ładunkiem elektrycznym bez konieczności chemicznej modyfikacji powierzchni.

Na dorobek naukowy dr. Evertsa po uzyskaniu stopnia doktora, lecz niewchodzący w skład rozprawy habilitacyjnej, składa się 13 równie znakomitych prac, spośród których szczególnie wyróżnia się publikacja w PNAS pt. "Realization of the Brazil-nut effect in charged colloids without external driving". Praca ta dostarcza pierwszej eksperymentalnej obserwacji efektu orzechów Brazylijskich w układach koloidalnych, w których cięższe cząstki mogą spontanicznie unosić się na lżejszych bez zewnętrznego wymuszania, wyłącznie na skutek ruchu Browna i oddziaływań elektrostatycznych. Kluczowym parametrem jest stosunek masy do ładunku – efekt zachodzi, gdy cięższe cząstki mają mniejszą masę przypadającą na jednostkę ładunku niż lżejsze. Model teoretyczny oparty na dynamicznej teorii funkcjonału gęstości (DDFT) doskonale odwzorował wyniki eksperymentalne, zwłaszcza w fazach przejściowych przed osiągnięciem równowagi. Stwierdzono, że w gęstych układach koloidalnych system może pozostawać w stanach metastabilnych, co opóźnia pojawienie się efektu. Wyniki te mają istotne implikacje dla zrozumienia sedymentacji cząstek w układach silnie oddziałujących, w tym w układach szklistych i krystalicznych, oraz mogą pomóc w badaniach adsorpcji jonów poprzez analizę profili sedymentacyjnych.

Inne istotne badania, wykonane wspólnie z prof. Cichockim i opublikowane w Physical Review Letters, dotyczyły tzw. "Odd Viscosity" (OV) – współczynnika transportu występującego w płynach z samoobracającymi się (aktywnymi) cząstkami lub elektronach w zewnętrznym polu magnetycznym. Kluczowym osiągnięciem było wykazanie, że w trzech wymiarach OV może pośrednio prowadzić do dyssypacji energii, mimo że w dwóch wymiarach taki efekt nie występuje, co dzieje się poprzez modyfikację przepływu płynu. Te wyniki znacząco poszerzają naszą wiedzę o nietypowych właściwościach transportowych miękkiej materii i mogą znaleźć zastosowanie w badaniach nad aktywną materią, elektrokinetyką oraz kontrolą transportu w układach koloidalnych i ciekłokrystalicznych.

Kolejne prace dr. Evertsa koncentrują się na różnych aspektach oddziaływań elektrostatycznych w układach koloidalnych. (a) Badania nad ekranowanymi oddziaływaniami Coulomba w układach makrojonowych wykazały, że niezerowa objętość cząstek modyfikuje efektywne ekranowanie elektrostatyczne, wpływając na stabilność i strukturę układów koloidalnych. (b) Analiza niejednorodności ładunku powierzchniowego wywołanej przepływem w układach elektrokinetycznych ujawniła, że prowadzi ona do dynamicznych fluktuacji ładunku, wpływających na transport jonów i

właściwości elektrokinetyczne. Wyniki te mają istotne znaczenie dla mikrofluidyki, elektrochemii oraz systemów biologicznych, gdzie precyzyjna kontrola ładunku powierzchniowego odgrywa kluczową rolę. (c) W jednej z ostatnich prac badano oddziaływania koloidów z granicą faz olej-woda w obecności wielu rodzajów soli, analizując wpływ składu jonowego na równowagę ładunkową i transport cząstek. Otrzymane wyniki dostarczają cennych informacji dla zrozumienia procesów stabilizacji emulsji i układów międzyfazowych.

Kandydat prezentował wyniki swoich badań na 21 międzynarodowych konferencjach w Słowenii, Wielkiej Brytanii, Japonii, Szwajcarii, USA, Holandii i Polsce, wygłaszając trzy zaproszone wykłady. Ponadto 13-krotnie był zapraszany do wygłoszenia seminariów w ośrodkach naukowych w Polsce, Holandii i Słowenii. Był kierownikiem dwóch projektów badawczych: Programu Ulam Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (NAWA) oraz Marie Skłodowska-Curie Individual Fellowship finansowanego przez Komisję Europejską. Obecnie realizuje kolejny projekt w ramach Programu Sonata BIS Narodowego Centrum Nauki. Oprócz działalności kierowniczej wielokrotnie uczestniczył w zespołach badawczych realizujących inne projekty oraz pełnił funkcję recenzenta w prestiżowych czasopismach międzynarodowych.

Jako nauczyciel akademicki dr Everts ma solidne osiągnięcia dydaktyczne, popularyzatorskie i organizacyjne. Habilitant jest teoretykiem specjalizującym się w termodynamice równowagowej i nierównowagowej, ze szczególnym uwzględnieniem procesów zachodzących w materii miękkiej. Jego ekspertyza obejmuje teorię Lokalnego Funkcjonału Gęstości oraz powiązane metody analityczne i numeryczne, niezbędne do rozwiązywania konkretnych problemów fizycznych. Istotnym atutem jego prac jest połączenie modelowania teoretycznego z opisem realnych materiałów, co potwierdza współpraca z grupami doświadczalnymi, w ramach której powstała część jego badań, a znakomity dorobek naukowy opublikowany został w najbardziej prestiżowych czasopismach z listy Filadelfijskiej.

Reasumując, uważam, że dorobek dr. Jeffreya Christophera Evertsa doskonale spełnia wymagania ustawowe i zwyczajowe stawiane rozprawom habilitacyjnym i gorąco popieram wniosek o nadanie dr. J.C. Evertsowi stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka.

Lech Longa

Podpisany elektronicznie przez
Lech Waldemar Longa
11.02.2025
23:02:11 +01'00'