

dr hab. Eryk Wolarz, prof. uczelni
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej
Instytut Badań Materiałowych i Inżynierii Kwantowej
tel.: +48 616653167
e-mail: eryk.wolarz@put.poznan.pl

Poznań, 21 kwietnia 2024 r.

**Recenzja w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
dr inż. Dorocie Dardas**

1. Podstawa prawna

Recenzja została sporządzona w związku z Uchwałą nr 97/2024 Rady Naukowej Instytutu Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk z dnia 6 lutego 2024 r. o powołaniu recenzentów komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr inż. Dorocie Dardas w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne. Podstawę prawną stanowi ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst ujednolicony ustawy: Dz. U. z 2023 r. poz. 742, z późniejszymi zmianami).

W swoim wniosku z dnia 27 września 2023 roku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego Kandydatka sformułowała tytuł osiągnięcia naukowego – „Efekty wiskoelastyczne w ferroelektrycznych i antyferroelektrycznych chiralnych ciekłych kryształach”.

2. Informacja o działalności naukowej, dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej Kandydatki

Stopień doktora nauk fizycznych został nadany Kandydatce przez Radę Naukową Instytutu Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w dniu 30 maja 2006 r. na podstawie przedstawionej rozprawy doktorskiej pt. „Liniowy i kwadratowy efekt elektrooptyczny w chiralnych smektykach”, której promotorem był prof. dr hab. Wojciech Kuczyński. Kandydatka jest związana z IFM PAN od 1999 roku, najpierw jako doktorantka, a po uzyskaniu stopnia doktora, od 2006 roku do chwili obecnej, jako pracownik naukowy na stanowisku adiunkta z krótkim okresem pracy na stanowisku asystenta (2019–2022). W międzyczasie miała kilka przerw w działalności naukowej, związanych z urlopami macierzyńskimi i urlopem zdrowotnym (2000–2001, 2013–2014, 2015–2017). W okresie od 2004 r. do 2014 r. Kandydatka współpracowała z Instytutem Fizyki Teoretycznej im. L. D. Landaua w Moskwie, gdzie odbywała miesięczny staż naukowo-badawczy (2004), a także realizowała wspólny projekt badawczy Polskiej Akademii Nauk i Rosyjskiej Akademii Nauk (2011–2023) i badania do wspólnej publikacji naukowej (2014). W 2005 roku przez tydzień przebywała w Instytucie Chemii Fizycznej Uniwersytetu Technicznego w Stuttgarcie w celu omówienia wyników badań dotyczących ferroelektrycznych i antyferroelektrycznych ciekłych kryształów. W 2010 roku wygłosiła dwa wykłady na zaproszenie dotyczące własnych badań w Instytucie Fizyki Politechniki Krakowskiej oraz wykład seminaryjny w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN. Wielokrotnie przebywała w Instytucie Fizyki Czeskiej Akademii Nauk w Pradze (łącznie 30 dni) w ramach wspólnych bilateralnych projektów badawczych PAN-CzAN realizowanych w latach 2010–2012, 2014–2016 i 2016–2018, a także w 2019 roku w celu prezentacji wyników badań dotyczących optycznych i elektrooptycznych efektów w ferroelektrycznych ciekłych kryształach w formie wykładu na panelu dyskusyjnym w Zakładzie Dielektryków. Podczas wizyt na Wydziale Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego w roku 2009 i 2016 Kandydatka prowadziła badania właściwości elektrooptycznych i dielektrycznych azowych ciekłych kryształów zakończone wspólną prezentacją konferencyjną oraz wspólnymi publikacjami naukowymi (Molecular Crystals Liquid Crystals, Phase Transitions). Od roku 2009 do chwili obecnej Kandydatka aktywnie współpracuje z Zakładem Inżynierii Nowych Materiałów w Instytucie Fizyki na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie, której wynikiem jest szereg publikacji naukowych dotyczących chiralnych faz smektycznych, w szczególności domieszkowanych różnymi nanocząstkami (BaTiO_3 , Fe_2O_3 , Au). Od roku 2010 Kandydatka intensywnie współpracuje naukowo z różnymi grupami badawczymi w Wojskowej

Akademii Technicznej w Warszawie, głównie w zakresie charakteryzacji nowo zsyntezowanych ciekłych kryształów. Współpracuje także z Wydziałem Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej, której rezultatem naukowym była publikacja naukowa dotycząca zastosowania fluorowanych molekuł mezogennych w wyświetlaczach ciekłokrystalicznych. W ostatnich latach (2022, 2023) zainicjowała współpracę naukową z Wydziałem Fizyki Fazy Skondensowanej Instytutu Jožefa Stefana w Lublanie, a także z Laboratorium Nanostruktur Funkcjonalnych Narodowego Instytutu Fizyki Materiałów w Bukareszcie. Można stwierdzić, że Kandydatka w swojej dotychczasowej karierze naukowej wykazała się dużą aktywnością w nawiązywaniu kontaktów z ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą, które prowadzą komplementarne badania naukowe do prowadzonych przez nią w ośrodku macierzystym. Należy podkreślić, że współpraca z zaprzyjaźnionymi ośrodkami naukowymi zaowocowała licznymi publikacjami, w których Kandydatka jest współautorem, a które prezentują znacznie szerszy zakres tematyczny niż tematyka badań przedstawiona jako podstawa we wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Kandydatka jest współautorem **32** publikacji z listy Clarivate JCR, dla których sumaryczny Impact Factor, obliczany według roku ukazania się artykułu naukowego, wynosi ok. **60,6**, a sumaryczna punktacja ministerialna obliczana wg aktualnie obowiązującej punktacji – **2500**. W tej liczbie, 28 artykułów, dla których sumaryczny IF wynosi ok. 57,9 a sumaryczna punktacja ministerialna obliczana wg aktualnie obowiązującej punktacji – 2280, zostało opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora (od 2007 roku). Według bazy Web of Science Core Collection całkowita liczba cytowań wszystkich artykułów w 2023 roku wynosiła około **230**. Indeks Hirscha obliczony dla przedstawionej listy publikacji wynosi **10**. Artykuły naukowe, których współautorem jest Kandydatka, ukazały się w wyspecjalizowanych czasopismach o tematyce fizycznej, chemicznej i materiałowej, takich jak np. Phase Transitions, Ferroelectrics, Molecular Crystals and Liquid Crystals, Liquid Crystals, Opto-Electronics Review, Soft Matter, Rheologica Acta, Materials, Molecules, Crystals, ale także w czasopismach o szerszym zakresie tematycznym, jak np. Applied Physics Letters, Journal of Physical Chemistry B, Physical Review E. Dorobek publikacyjny Kandydatki jest wystarczający do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

Kandydatka jest członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma Materials (MDPI), pełniąc funkcje redaktora naukowego czasopisma, recenzenta i redaktora gościnnego wydania specjalnego. Wykonała 16 recenzji artykułów naukowych.

Kandydatka jest współautorką **1** rozdziału w monografii dotyczącej interdyscyplinarnych badań w naukach przyrodniczych i **2** publikacji spoza listy JCR dotyczących popularyzacji fizyki. W swoim dorobku posiada **53** wystąpienia na krajowych (9) i międzynarodowych (44) konferencjach naukowych (7 przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora), w tym **1** wykład na zaproszenie i **12** prezentacji ustnych. Ponadto Kandydatka wygłosiła **27** wykładów/referatów seminaryjnych w różnych instytucjach naukowych (w tym 4 za granicą, 7 w Polsce poza ośrodkiem macierzystym i 16 w IFM PAN).

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora Kandydatka była wykonawcą w 3 projektach KBN, w tym promotorskim. Po uzyskaniu stopnia doktora brała udział w 4 projektach badawczych finansowanych z funduszy państwowych, jeden raz jako kierownik projektu, jeden raz jako główny wykonawca i dwa razy jako wykonawca. W latach 2011–2018 czterokrotnie uczestniczyła jako wykonawca w projektach finansowanych w ramach współpracy z zagranicznymi akademiami nauk, a od roku 2021 brała udział w pięciu innych projektach o charakterze proekologicznym, pełniąc w nich funkcje kierownika przedsięwzięcia (dwukrotnie) i koordynatora w IFM PAN (trzykrotnie).

Kandydatka, mimo że jest zatrudniona w jednostce naukowej, która z założenia nie prowadzi działalności dydaktycznej, może się poszczycić znacznym dorobkiem w tym zakresie. W swoim dorobku dydaktycznym posiada promotorstwo pomocnicze w jednej pracy doktorskiej w IFM PAN i promotorstwo jednej pracy dyplomowej magisterskiej, a dodatkowo wcześniej (w 2005 roku) sprawowała funkcje bezpośredniego opiekuna dwóch studentów przygotowujących takie prace na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej. Była też promotorem jednej pracy dyplomowej inżynierskiej. W ramach współpracy dydaktycznej z Politechniką Poznańską Kandydatka wielokrotnie miała pod formalną opieką studentów pierwszego i drugiego stopnia kształcenia w ramach pracowni specjalistycznych i praktyk studenckich realizowanych w IFM PAN.

Kandydatka miała okazję wygłosić wykład dotyczący smektycznych ciekłych kryształów dla studentów Politechniki Krakowskiej. Prowadziła też wielokrotnie wykłady i warsztaty dotyczące ciekłych kryształów dla dzieci i młodzieży ze szkół podstawowych i średnich. Duża aktywność Kandydatki w obszarze dydaktycznym wynika w znacznej mierze z jej pozytywnego postrzegania jako osoby kompetentnej przez środowisko naukowo-dydaktyczne na Politechnice Poznańskiej jak również przez nauczycieli szkół w rejonie Poznania. Działalność dydaktyczna Kandydatki, biorąc pod uwagę jej zatrudnienie w jednostce naukowej, która nie prowadzi studiów na 6 i 7 poziomie PRK, jest wyróżniająca.

Kandydatka aktywnie udziela się organizacyjnie w różnych wydarzeniach o charakterze czysto naukowym, a także promujących naukę oraz studiowanie na Politechnice Poznańskiej. Uczestniczyła w organizacji piętnastu konferencji naukowych, w sześciu z nich będąc członkiem komitetu naukowego, jak również dziesięciu imprez promujących naukę, np. „Nocy Naukowców”, Poznańskiego Festiwalu Nauki i Sztuki oraz wspieranych z projektów Unii Europejskiej „Night4Future”, „SOS Night” i „Night for Earth”. Dwukrotnie była kierownikiem produkcji filmu promującego imprezy „Night for Earth” i „W labiryncie fizyki”. Kandydatka jest członkiem Polskiego Towarzystwa Ciekłokrystalicznego, Fundacji na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL, Polskiego Towarzystwa Fizycznego, była członkiem Rady Naukowej IFM PAN w latach 2015–2017. Aktywnie działa społecznie, m.in. we współpracy z Regionalnym Ośrodkiem Pomocy Społecznej w Poznaniu. Działalność organizacyjna Kandydatki jest wyróżniająca.

Na podkreślenie zasługuje też ponadprzeciętna działalność popularyzatorska wśród dzieci i młodzieży, polegająca przede wszystkim na prezentowaniu różnych ciekawych i efektownych zjawisk związanych z ciekłymi kryształami. Od 2008 roku Kandydatka przeprowadziła dwadzieścia pięć różnych warsztatów, pokazów i prezentacji online dla dzieci i młodzieży z Poznania i okolicy.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Kandydatka wskazała jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę wszczęcia postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego cykl powiązanych tematycznie ośmiu publikacji, oznaczonych w załączonym wykazie jako H1–H8, zatytułowany „Efekty wiskoelastyczne w chiralnych ciekłych kryształach ferroelektrycznych i antyferroelektrycznych”. Wszystkie publikacje z tego wykazu znajdują się na liście JCR. Artykuły naukowe wchodzące w skład cyklu zostały opublikowane w czasopiśmie naukowych uznawanych za właściwe dla publikacji wyników badań o tematyce ciekłokrystalicznej (Phase Transitions, Opto-Electronics Review, Soft Matter, Measurement Science and Technology, Rheologica Acta, Crystals (MDPI)). Sumaryczny Impact Factor wskazanego cyklu publikacji wynosi 12.

Większość publikacji ze wskazanego cyklu ma charakter wieloautorski. W pięciu z tych publikacji (H3, H4, H6–H8) Kandydatka jest wymieniona na pierwszym miejscu wśród współautorów. W przypadku dwóch publikacji (H6, H7) Kandydatka jest jedynym autorem, a w dwóch innych Kandydatka jest autorem koncepcji pracy (H4, H8). Z oświadczenia Kandydatki zamieszczonego w autoreferacie, a także z oświadczeń współautorów wynika, że jej wkład do pięciu publikacji (H1, H2, H5), polegający na wspólnym przygotowaniu komórek z jednorodną warstwą ciekłokrystaliczną i wykonaniu odpowiednich pomiarów, jest znaczący. Kandydatka samodzielnie wykonała pracę eksperymentalną w przypadku czterech publikacji H3, H4, H6 i H7. We wszystkich pracach z cyklu Kandydatka samodzielnie opracowywała wyniki pomiarowe. Brała aktywny udział w przygotowywaniu manuskryptów prac (H1–H5), w trzech przypadkach (H6–H8) przygotowała finalne wersje manuskryptów samodzielnie, a w pięciu publikacjach była autorem korespondującym.

Prace z cyklu przedstawione jako osiągnięcie Kandydatki, będące podstawą wniosku habilitacyjnego dotyczą ciekłych kryształów ferroelektrycznych, ferrielektrycznych i antyferroelektrycznych stanowiących ważną grupę materiałów ciekłokrystalicznych, które są interesujące ze względu na ich potencjał aplikacyjny. Prace z cyklu dotyczą badań eksperymentalnych właściwości wiskoelastycznych tych substancji w warunkach laminarnego przepływu i małych deformacji. Rozważając możliwość zastosowania ciekłych kryształów, np. w wyświetlaczach ciekłokrystalicznych, należy przede wszystkim wziąć pod uwagę parametry określające lepkość i

sprężystość tych materiałów w odpowiednio szerokim zakresie temperaturowym mezofazy. Jak wiadomo, eksperymentalne wyznaczenie tych parametrów w przypadku ciekłych kryształów, szczególnie smektyków, nie jest zadaniem prostym w wykonaniu. Istotną trudność stanowi tu przygotowanie odpowiednich próbek charakteryzujących się wysoką jednorodnością homeotropowego lub planarnego uporządkowania molekuł ciekłego kryształu w warstwie. Ważną kwestią jest także zaprojektowanie odpowiedniego układu elektrod dla zapewnienia możliwości przeorientowywania całej domeny molekuł w warstwie, aby możliwe było wyznaczenie współczynników elastyczności/sprężystości uporządkowanego ciekłego kryształu, które mają podstawowe znaczenie przy określaniu napięcia sterującego w podanych jako przykład wyświetlaczach ciekłokrystalicznych. Drugą kwestią techniczną występującą w przypadku urządzeń działających w oparciu o warstwy ciekłokrystaliczne, w których zapewniono jednorodne uporządkowanie, jest czas przełączania i związane z nim współczynniki lepkości. W celu zbudowania urządzenia ciekłokrystalicznego o małym czasie przełączania należy poszukiwać materiałów ciekłokrystalicznych charakteryzujących się małą lepkością. Ferroelektryczne, ferrielektryczne i antyferroelektryczne ciekłe kryształy będące przedmiotem cyklu habilitacyjnego potencjalnie spełniają ten warunek, jednak jak już wspominałem z ich zastosowaniem wiąże się wiele problemów. Przedstawione publikacje habilitacyjne prezentują oryginalną próbę rozwiązania zaznaczonych tu zagadnień na poziomie naukowym z wykorzystaniem eksperymentu i wyników teoretycznych. Cykl publikacji habilitacyjnych opiera się na wynikach teoretycznych dotyczących wiskoelastycznych właściwości ciekłych kryształów przedstawionych w drugiej połowie lat siedemdziesiątych dwudziestego wieku w pracy P. Pierański, E. Guyon, P. Keller, L. Liebert, W. Kuczyński, P. Pierański, Optical study of a chiral smectic C under shear, Mol. Cryst. Liq. Cryst. 38 (1977) 275–301, w której opisano metodę wyznaczania współczynnika lepkości rotacyjnej γ oraz współczynnika sprężystości B_3 dla smektyków z wykorzystaniem słabego zmiennego pola elektrycznego. Ponieważ wszystkie publikacje należące do cyklu habilitacyjnego Kandydatki przeszły procedurę recenzowania naukowego na poziomie wydawniczym, to w dalszej części ograniczę się tylko do skrótego przedstawienia zawartości poszczególnych artykułów.

W pracach H1 i H2 wyznaczono współczynniki lepkości rotacyjnej i sprężystości w funkcji temperatury dla ferroelektrycznego ciekłego kryształu C8 (4-metylobutyloksyfenylo-4-oktyloksybenzoesanu) na podstawie pomiarów kilku parametrów fizycznych (np. polaryzacji spontanicznej) wykonanych komplementarnymi metodami. Polaryzację spontaniczną wyznaczono za pomocą mostka Diamanta-Pepinsky'ego w komórkach z homeotropową orientacją ciekłego kryształu. Skok helisy określono metodą spektroskopową i Cano w próbce klinowej o orientacji homeotropowej. Sporządzono odpowiednie wykresy i porównano wyniki z dostępnymi danymi literaturowymi. Stwierdzono, że parametry wiskoelastyczne istotnie różnią się od wyników literaturowych, szczególnie tych uzyskanych dla próbek z orientacją planarną ferroelektryka, co wskazuje na silny wpływ wstępnej orientacji molekuł ciekłokrystalicznych na wynik pomiaru.

W pracy H3 zbadano efekt elektrooptyczny w chiralnym ciekłym kryształ D-12 (4-(1-metyloheptyloksykarbonylo)fenyl 4'-(3-butanoiloksypropylo-1-oksy)bifenyl-4-karboksylan). Efekt ten pozwala uzyskać liniowy współczynnik elektrooptyczny, którego znajomość jest wymagana do wyznaczania parametrów wiskoelastycznych. Efekt liniowy wynika ze zmiany położenia osi optycznej. Wyznaczono wartości bezwzględnych współczynników liniowych i kwadratowych. Stwierdzono, że w fazie SmC_a^* liniowy współczynnik elektrooptyczny jest prawie niezależny od temperatury. Wartość tego współczynnika jest mała w porównaniu z wartością mierzoną w ferroelektrycznej fazie SmC^* , ponieważ polaryzacja spontaniczna jest kompensowana z powodu antyrównoległego nachylenia molekuł w sąsiednich warstwach. Liniowy i kwadratowy współczynniki elektrooptyczne wykazują silnie zależność od temperatury. W fazie smektycznej A współczynnik liniowy ma stałą wartość, a współczynnik kwadratowy jest równy zero. W pracy H4 wyznaczono współczynnik sprężystości dla D-12 w fazie antyferroelektrycznej, do czego niezbędny był pomiar polaryzacji spontanicznej, skoku helisy i liniowego współczynnika elektrooptycznego.

W pracy H5 porównano ze sobą różne metody stosowane do określania właściwości wiskoelastycznych chiralnej smektycznej fazy C^* . Do celów testowych wykorzystano ciekły kryształ C8. Pomiar współczynnika sprężystości i współczynnika lepkości rotacyjnej, wykonano przy użyciu metody

dielektrycznej i elektrooptycznej dla dwóch różnych orientacji direktora w próbkach. Parametry viskoelastyczne wyznaczano w warunkach małego wpływu oddziaływań powierzchniowych oraz dla małych odkształceń. Współczynniki sprężystości i lepkości są wyznaczane z reguły w cienkich, płaskich próbkach. Stosując typowy ferroelektryczny ciekły kryształ, wykazano, że prawidłowe wartości parametrów viskoelastycznych w chiralnej fazie smektycznej C* można określić wyłącznie przy użyciu grubych i homeotropowo zorientowanych próbek.

Praca H6 prezentuje wyniki pomiarów współczynnika sprężystości dla ciekłych kryształów Ce-3 (4-(n-heksyloksyfenilo)-1-(2-fuetylobutylo)bifenilo-4-karboksylanu) i Ce-8 (4-(2-metylobutylo)fenilo-4-n-oktylobifenilo-4-karboksylanu) posiadających chiralną fazę smektyczną C*, a także ich mieszaniny w stosunku wagowym 50:50. Badania pozwoliły stwierdzić, że oba ciekłe kryształy znacznie różnią się między sobą pod względem wartości współczynnika sprężystości. Dla mieszaniny ten współczynnik przyjmuje wartości pośrednie. Praca H7 dotyczy tych samych materiałów, ale przedstawione są w niej uzyskane wartości współczynnika lepkości rotacyjnej. Wyniki wskazują, że tak jak w przypadku współczynnika sprężystości, mieszanie składników o zdecydowanie różnych współczynnikach lepkości pozwala uzyskać materiał o pośrednim współczynniku lepkości.

W pracy H8 zbadano wpływ efektu laserowego fotowysbielenia na viskoelastyczne właściwości chiralnych ciekłych kryształów. W eksperymencie wykorzystano ciekły kryształ MHPOBC (4'-oktyloksy-4-bifenilokarboksylan (S)-4-[(1-metyloheptyloksy)karbonylo]fenilu). Jako domieszki zastosowano fotoizomeryzujący barwnik DANS (1,4-dimetyloamino-4-nitrostilben) oraz nanocząstki złota. W wyniku przeprowadzonych eksperymentów stwierdzono, że zarówno barwnik, jak również nanocząstki w zastosowanym stężeniu (odpowiednio 0,1% wag. i 0,5% wag.) nie mają zauważalnego wpływu na strukturę ciekłego kryształu. Również światło lasera nie ma destruktywnego wpływu na takie parametry ciekłego kryształu, jak liniowy współczynnik elektrooptyczny, skok helisy, polaryzacja spontaniczna i kąt pochylenia molekuł (tilt).

Analiza publikacji włączonych do cyklu stanowiącego podstawę wniosku habilitacyjnego pozwala stwierdzić jednoznacznie, że wymagany ustawowo warunek powiązania tematycznego zebranych prac jest spełniony i stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne.

Podsumowując, Kandydatka posiada ponadprzeciętne osiągnięcia w działalności naukowej, dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej, a w przedstawiony przez nią cykl publikacji daje podstawę do stwierdzenia, że Kandydatka potrafi samodzielnie prowadzić badania naukowe, posiadając przy tym duże zdolności i doświadczenie w realizacji trudnych w realizacji eksperymentów.

4. Konkluzja końcowa

Stwierdzam, że osiągnięcie naukowe Pani dr inż. Doroty Dardas odpowiada wymaganiom określonym w art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b w powiązaniu z art. 219 ust. 2 z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i może stanowić podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

/podpisał: dr hab. Eryk Wolarz, prof. PP/