

Recenzja osiągnięcia naukowego pod tytułem

**Efekty wiskoelastyczne w ferroelektrycznych i antyferroelektrycznych  
chiralnych ciekłych kryształach**

oraz dorobku naukowego i innych istotnych osiągnięć naukowych, dydaktycznych  
i organizacyjnych dr inż. Doroty Dardas

### 1. Informacje o Habilitantce

Pani dr inż. Dorota Dardas uzyskała tytuł magistra inżyniera na Politechnice Poznańskiej w 1999 r. na podstawie pracy pt. *Badanie elektrooptycznych własności antyferroelektrycznych ciekłych kryształów*. Natomiast w 2006 r. uzyskała tytuł doktora nauk fizycznych w Instytucie Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu (IFM PAN w Poznaniu), na podstawie rozprawy pt. *Liniowy i kwadratowy efekt elektrooptyczny w chiralnych smektykach*. Promotorem obydwu wymienionych powyżej prac był prof. dr hab. Wojciech Kuczyński z IFM PAN w Poznaniu.

Habilitantka związała swoją pracę zawodową z IFM PAN w Poznaniu. W latach 1999 – 2006 była doktorantką Studium Doktoranckiego w IFM PAN. Następnie w latach 2006–2022, z przerwami macierzyńskimi i zdrowotnymi, pracowała jako pracownik naukowy na stanowisku adiunkta i asystenta. Od 2022 r. ponownie jest adiunktem w IFM PAN w Poznaniu. Dodatkowo w latach 2006–2023 uzyskała kompetencje w pracy z osobami niepełnosprawnymi oraz z dziećmi z deficytem rozwojowym.

### 2. Dane bibliometryczne

Na przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe pod tytułem **Efekty wiskoelastyczne w ferroelektrycznych i antyferroelektrycznych chiralnych ciekłych kryształach**, zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2b Ustawy, składa się cykl ośmiu powiązanych tematycznie artykułów naukowych oznaczonych symbolami H1–H8, które zostały opublikowane na przestrzeni lat 2009–2023. Habilitantka jest współautorką prac H1–H5 i H8, natomiast w pracach H6 i H7 jest jedyną autorką publikacji. Prace H1 (9 cytowań), H5 (4 cytowania) i H6 (6 cytowań) zostały opublikowane w czasopiśmie *Phase Transition*, którego współczynnik Impact Factor (IF) jest

równy 1,6. Następne dwie prace, a mianowicie H2 (3 cytowania) i H3 (15 cytowań) zostały opublikowane w Opto-Electronics Review o współczynniku  $IF = 1,6$ . Kolejne prace opublikowano w: H4 (11 cytowań) – Measurement Science and Technology,  $IF = 2,4$ , H7 (6 cytowań) – Rheologica Acta,  $IF = 2,3$  oraz H8 (0 cytowań) – Crystlas,  $IF = 2,7$ . Sumaryczna liczba cytowań prac stanowiących osiągnięcie naukowe wynosi 54, co świadczy o zainteresowaniu środowiska naukowego prezentowanymi wynikami badań. Ponadto, w bazie Web of Science są uwzględnione sumarycznie 32 prace Habilitantki, które były cytowane 239 razy, w tym 167 razy bez autocytowań. Współczynnik Hirscha jest równy 10. Na podstawie przedstawionej analizy bibliometrycznej osiągnięć Habilitantki należy stwierdzić, że jest to typowy wynik dla tego etapu kariery naukowej, a przedstawione osiągnięcie naukowe stanowi ważny przyczynek do badań parametrów fizycznych chiralnych ciekłych kryształów.

W oświadczeniach dotyczących współautorstwa artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe nie podano co prawda procentowego udziału poszczególnych autorów, tym nie mniej z oświadczeń można wywnioskować, że wkład Habilitantki w przygotowaniu tych prac, udziału w pomiarach, przygotowaniu próbek, uzyskaniu ostatecznego wyniku lepkości czy sprężystości rotacyjnej oraz przygotowaniu manuskryptu do druku był dominujący lub znaczący. Świadczy to o dużej samodzielności w podejmowaniu tematyki badań oraz umiejętności prezentowania uzyskanych wyników. Jak już wspomniano powyżej Habilitantka jest jedynym autorem prac H6 i H7. Na tej podstawie uważam, że został spełniony warunek dotyczący wkładu własnego Habilitantki. Niestety nie było możliwe uzyskanie oświadczeń czterech współautorów prac: prof. W. Kuczyńskiego, W. Jeżewskiego, J. Małeckiego oraz dra hab. J. Hoffmanna z powodu ich śmierci.

### **3. Analiza osiągnięcia naukowego**

Habilitantka podjęła trud przeprowadzenia pogłębionych badań chiralnych ciekłych kryształów posiadających fazę ferroelektryczną i antyferroelektryczną w celu uzyskania szczegółowych informacji o ich własnościach lepkosprężystych. Badane parametry lepkosprężyste stanowią istotne stałe materiałowe decydujące o możliwości zastosowania tych substancji, np. w elektrooptyce czy displejach ze względu na ich wpływ na prędkość przełączania i napięcie progowe. Ponadto opracowane zostały metody wyznaczania parametrów lepkosprężystych w chiralnych ciekłych kryształach, z zastosowaniem pola elektrycznego o małym natężeniu, które w niewielkim stopniu powoduje deformację ich struktury helikoidalnej. W przypadku smektyków chiralnych oznacza to, że pole elektryczne przyłożone równoległe do warstw smektycznych musi być mniejsze od pola krytycznego.

Oprócz tego, w celu zmniejszenia wpływu efektów oddziaływania z powierzchnią stosowano próbki głównie o orientacji homeotropowej molekuł, a do detekcji możliwych deformacji wykorzystano metody elektrooptyczne. Dzięki temu możliwe było przeprowadzanie precyzyjnych pomiarów w warunkach, w których spełnione jest prawa Hooke'a (gdy wyznacza się współczynniki sprężystości), a obserwowane przepływy są laminarne (gdy wyznacza się współczynniki lepkości).

Omówiony w autoreferacie opis teoretyczny zjawiska pozwolił na uzyskanie odpowiednich relacji między parametrami fizycznymi ciekłego kryształu a współczynnikami lepkośćowymi z uwzględnieniem własności fazy ferroelektrycznej i antyferroelektrycznej. W publikacjach stanowiących osiągnięcie naukowe wykorzystano chiralne materiały ciekłokrystaliczne różniące się sekwencją przejść fazowych [H1–H7] oraz charakteryzujące się bogatym polimorfizmem [H8]. W celu wyznaczenia współczynników lepkośćowych dodatkowo zmierzono takie parametry materiałowe jak polaryzacja spontaniczna, skok helikoidy, kąt pochylenia molekuł, liniowy współczynnik elektrooptyczny oraz czas relaksacji. W pracach [H1, H2] wyznaczono temperaturową zależność lepkości rotacyjnej  $\gamma$  i współczynnika sprężystości  $K_\phi$  (w pracy [H2] oznaczono go jako  $B_3$ ) zwracając uwagę na czynniki mogące wpłynąć na zaburzenie pomiaru, np. zbyt cienka komórka pomiarowa, która może prowadzić do deformacji skoku helikoidy, czy nieodpowiednia orientacja ciekłego kryształu (preferowana jest orientacja homeotropowa). Zgodnie z oczekiwaniami zarówno parametr  $\gamma$  jak i  $K_\phi$  dąży do zera przy przejściu z fazy  $\text{SmC}^*$  do fazy  $\text{SmA}^*$ , gdyż wielkości te związane są z właściwościami direktora  $c$  i strukturą helikoidalną występującą tylko w fazie  $\text{SmC}^*$ . Natomiast w pracy [H3] omówiono i przetestowano nową metodę pomiarów elektrooptycznych polegającą na zastosowaniu małych natężeń pól elektrycznych. Stwierdzono, że pole elektryczne przyłożone do smektycznego ciekłego kryształu ze strukturą helikoidalną powoduje dwa efekty: i) deformację helikoidy oraz zmianę położenia efektywnej osi optycznej o kąt proporcjonalny do natężenia pola, ii) zmianę kształtu indyktrisy optycznej proporcjonalną do kwadratu pola. Metodę tę wykorzystano z powodzeniem do precyzyjnego wyznaczania temperaturowej zależności liniowego współczynnika elektrooptycznego oraz elektrooptycznego współczynnika drugiego rzędu. W pracy [H4] wyznaczono temperaturową zależność współczynnika sprężystości  $K_a$  w fazie antyferroelektrycznej ze strukturą helikoidalną. Otrzymano stosunkowo duże wartości  $K_a$  w porównaniu do znanych wartości dla ferroelektrycznych ciekłych kryształów. Dodatkowo w pracy [H5] dokonano porównania wartości współczynników  $K_\phi$  i  $\gamma$ , które otrzymano czterema różnymi metodami opisanymi w pracach [H1] i [H2]. Wynika z niego jednoznacznie, że grubość i rodzaj uporządkowania

próbki ma istotny wpływ na wyniki tego typu pomiarów. Wykazano również, że nie mniej istotne dla wiarygodności otrzymanych wyników są zastosowane metody pomiarowe. Na przykład wartości  $\gamma$  otrzymane metodą przełączania, gdzie zwykle stosuje się duże pola elektryczne i orientację planarną ciekłego kryształu, należy traktować z dużą ostrożnością. Podsumowując, z porównania współczynników viskoelastycznych (prace [H5-H8]) mierzonych różnymi metodami wynika, że charakter temperaturowej zależności  $K_\phi$  i  $K_a$  zależy nie tylko od rodzaju ciekłego kryształu, ale również od charakteru przejścia fazowego do fazy sąsiedniej. Należy nadmienić, że w pracach [H6, H7] badano mieszaninę składającą się z dwóch materiałów ferroelektrycznych różniących się współczynnikami lepkościowymi. Okazało się, że znając współczynniki lepkościowe poszczególnych składników można precyzyjnie przewidzieć lepkość ich mieszaniny, co może być przydatne w modelowaniu własności materiałów ciekłokrystalicznych.

Szczególnie interesująco prezentuje się porównanie temperaturowych zależności  $K_a$  dla materiałów posiadających fazę antyferroelektryczną ([H4], [H8]). Przyjmowanie relatywnie dużych wartości  $K_a$  w fazie antyferroelektrycznej w stosunku do fazy ferroelektrycznej [H5] zinterpretowano jako usztywnienie układu ze względu na prawie antyrównoległą orientację momentów elektrycznych cząsteczek w sąsiednich warstwach smektycznych. Ponadto w pracy [H8] zaobserwowano, że fotowysielanie laserowe może wywołać efekt kotwiczenia, co korzystnie wpływa na właściwości elektrooptyczne antyferroelektrycznego ciekłego kryształu.

Na podstawie przedstawionych wyników badań można stwierdzić, że na własności lepkościowe faz chiralnych istotny wpływ ma liczba, charakter i kolejność przejść fazowych. Nie mniej istotną rolę odgrywa sama chiralność układu, a także podatność danej mezofazy na wielkość natężenia pola elektrycznego. Wyznaczenie i porównanie przez Habilitantkę parametrów lepkościowych różnych chiralnych materiałów ciekłokrystalicznych znacząco wzbogaca wiedzę na temat własności tych substancji, szczególnie z punktu widzenia zastosowania ich nie tylko w urządzeniach do obrazowania informacji. Również bardzo ważna jest przeprowadzona przez Habilitantkę dyskusja przydatności różnych metod pomiarowych w celu wiarygodnego wyznaczania parametrów lepkościowych.

Należy podkreślić, że oprócz omówionego powyżej osiągnięcia naukowego Habilitantka zajmowała się również wyznaczaniem dwójłomności optycznej w ciekłych kryształach nematycznych, smektycznych, posiadających fazę antyferroelektryczną oraz kompozytach ciekłokrystalicznych. Ponadto wyznaczyła skok struktury helikoidalnej w materiałach ferroelektrycznych i antyferroelektrycznych domieszkowanych nanocząstkami

oraz wyznaczyła stałą Kerra dla materiałów posiadających fazę niebieską. Powyższe badania zostały opublikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym.

#### **4. Inne osiągnięcia naukowe, organizacyjne oraz popularyzatorskie**

Habilitationka, na przestrzeni lat 2000–2022, wykazała się dużą aktywnością związaną z udziałem w krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Wyniki Jej prac zostały opublikowane w 53 materiałach pokonferencyjnych. Przed doktoratem wzięła udział w 7 konferencjach, a po uzyskaniu doktoratu w 46 konferencjach krajowych i międzynarodowych, gdzie prezentowała wyniki badań w postaci plakatów oraz wystąpień ustnych. Wygłosiła również wykłady i seminaria (razem 27) zarówno za granicą jak i w kraju w tym 14 seminariów w IFM PAN w Poznaniu. Brała też aktywny udział w organizacji 15 konferencji naukowych, np. 23rd International Liquid Crystal Conference ILCC 2010, Kraków – członek komitetu organizacyjnego, czy 13 konferencji organizowanych przez Fundację na rzecz nauki i promocji TYGIEL, Lublin – członek komitetu naukowego.

Nie mniej istotny jest udział Habilitationki w realizacji projektów badawczych finansowanych między innymi przez Komitet Badań Naukowych, Narodowe Centrum Nauki, w ramach współpracy z Akademiami Nauk lub finansowanych przez podmioty zagraniczne, gdzie była wykonawcą lub głównym wykonawcą projektu. Natomiast w trzech projektach Habilitationka była ich kierownikiem. W sumie takich projektów było 17, co świadczy o dużym doświadczeniu i zaangażowaniu Habilitationki w rozwój badań naukowych, umiejętności zdobywania środków finansowych na badania oraz nawiązywania współpracy międzynarodowej. Pani dr inż. Dardas brała również udział w krótkoterminowych stażach naukowych w takich ośrodkach jak Jožef Stefan Institute, Lublana, Słowenia; Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, Praga, Czechy; Institut für Physikalische Chemie, Technische Universität Stuttgart, Niemcy; Landau Institute for Theoretical Physics, Moskwa, Rosja. Posiada również bogate doświadczenie we współpracy z ośrodkami naukowymi w Polsce takimi jak Uniwersytet Wrocławski–Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński, Wojskowa Akademia Techniczna, Politechnika Poznańska, itp.

Habilitationka zajmowała się również działalnością dydaktyczną, głównie na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej (PP), do której należy zaliczyć promotorstwo pomocnicze pracy doktorskiej, promotorstwo pracy magisterskiej czy pracy inżynierskiej. Ponadto prowadziła na PP magisterską i inżynierską pracownię specjalistyczną oraz zajmowała się praktykami studenckimi.



Habilitationka brała i bierze aktywny udział w popularyzacji nauki. Należy przykładowo wymienić takie przedsięwzięcia jak: *Noc Naukowców* 2023/22/20/18 – IFM PAN Poznań w ramach programu ramowego UE HORIZON2020, H2020-MSCA-NIGHT, HORIZON-MSCA-2022-CITIZENS-01, Night4Future, *Poznański Festiwal Nauki i Sztuki* 2023/22, warsztaty - *Niezwykły świat ciekłych kryształów*–2010, itp. Do działalności popularyzatorskiej należy także zaliczyć różnego rodzaju przedsięwzięcia typu warsztaty naukowe, wykłady popularnonaukowe, dni otwarte IFM PAN, czy pokazy dla uczniów i dzieci z terenu Poznania i okolicznych miejscowości. Ponadto Habilitationka kierowała przygotowaniem filmów promujących takie wydarzenia jak *Night for Earth* – 2020, czy *W labiryncie Fizyki* – 2019. Od 2010 r. uczestniczy jako koordynator, współtwórca i uczestnik w projektach bilateralnych między Polską Akademią Nauk i Czeską Akademią Nauk (PAN-CzAN).

Habilitationka przyczyniła się znacznie do modernizacji bazy aparaturowej w IFM PAN, która umożliwia między innymi pomiar własności lepkosprężystych w antyferroelektrycznych ciekłych kryształach metodami elektrooptycznymi w słabym polu elektrycznym, anizotropii optycznej metodą fotoelastycznej modulacji światła (PEM), itp.

Ponadto dr inż. D. Dardas jest recenzentem publikacji naukowych w czasopismach polskich i zagranicznych oraz recenzentem pracy inżynierskiej i książki popularnonaukowej. Jest członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma *Materials* oraz członkiem komitetu założycielskiego czasopisma *Człowiek i Relacje*. Była również recenzentem *Kwestionariusza Psychologicznych Skutków COVID-19* oraz bierze aktywny udział w działalności Fundacji „FIONA” w Poznaniu. Od 2010 roku działa aktywnie w Polskim Towarzystwie Ciekłokrystalicznym, gdzie była członkiem komisji rewizyjnej, w Fundacji na rzecz nauki i rozwoju TYGIEL, której jest ambasadorem, w Polskim Towarzystwie Fizycznym (PTF) oraz jako członek Rady Naukowej IFM PAN w latach 2015–2017. Została nominowana do nagrody PTF za 2023 r., za popularyzację fizyki, otrzymała nagrodę dyrektora IFM PAN za pracę doktorską – 2007 r., czy Stypendium Konferencyjne dla Młodych Naukowców w 2003 r.

## **5. Wniosek**

Z przedstawionej powyżej analizy osiągnięcia naukowego oraz wielostronnej działalności naukowej, dydaktycznej, organizacyjnej, popularyzatorskiej oraz dotyczącej współpracy międzynarodowej wynika, że dr inż. Dorota Dardas jest bardzo dobrze przygotowana do samodzielnego prowadzenia badań naukowych i w pełni spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 r. poz. 1668). W związku z tym wnoszę o dopuszczenie dr inż. Doroty Dardas do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

/podpisał: dr hab. Stanisław A. Różański, prof. ANS/

Stanisław A. Różański  
dr hab., prof. ANS w Pile