

dr hab. Katarzyna Merkel, prof. UŚ
Uniwersytet Śląski
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Instytut Inżynierii Materiałowej
tel.: +48 698342856 e-mail:
katarzyna.merkel@us.edu.pl

Katowice, 22 maja 2024 r.

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

1. Podstawa prawna oraz dokumenty postępowania habilitacyjnego.

Niniejsza recenzja została wykonana w związku z decyzją (Uchwała nr 112/2024) Rady Doskonałości Naukowej i Rady Naukowej Instytutu Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu w dniu 9 marca 2024 r. o powołaniu recenzenta 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 recenzji stanowi art. 221 § 5 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 574 z późn. zm.).

Recenzję przygotowano w oparciu o następujące dokumenty:

- Wniosek Habilitantki o wszczęcie postępowania habilitacyjnego;
- Dyplom doktora nauk fizycznych;
- Autoreferat dotyczący osiągnięć naukowo-badawczych Habilitantki;
- Oświadczenia Habilitantki i współautorów opracowań naukowych;
- Kopie prac stanowiących jednotematyczny cykl publikacji;
- Wykaz osiągnięć naukowych.

Habilitantka przedstawiła osiągnięcie naukowe w postaci *cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych*. Na podstawie złożonej dokumentacji nie stwierdzam, aby Habilitantka wcześniej ubiegała się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

2. Podstawowe dane o Kandydatce.

Pani Dorota Dardas uzyskała tytuł magistra inżyniera Fizyki w specjalności Fizyki Materiałów i Nanotechnologii, na Politechnice Poznańskiej w 1999 roku. Następnie, na podstawie publicznej obrony rozprawy „*Liniowy i kwadratowy efekt elektrooptyczny w chiralnych smektykach*.”, która odbyła się w Instytucie Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu, w dniu 30 maja 2006 roku został jej nadany stopień doktora nauk fizycznych. Promotorem obydwu prac był prof. dr hab. Wojciech Kuczyński.

Pani dr inż. Dorota Dardas swoją pracę zawodową związała z Instytutem Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu już w roku 1999, na stanowisku fizyka następnie jako doktorantka, a po uzyskaniu stopnia doktora, od 2006 roku do dnia dzisiejszego, jako pracownik naukowy na stanowisku adiunkta, z trzyletnią zmianą pracy na stanowisku asystenta w latach 2019-2022.

W tym okresie Pani doktor odbyła kilka staży naukowych, pierwszy miesięczny w 2004 roku, w Instytucie Fizyki Teoretycznej Landaua w Moskwie, który, później w latach 2011-2013, zaowocował wspólnym projektem badawczym Polskiej Akademii Nauk i Rosyjskiej Akademii Nauk, dotyczący wyznaczania potencjału słabego kotwiczenia powierzchniowego w ciekłych kryształach. W latach 2009-2019 w ramach współpracy oraz wspólnych bilateralnych projektów z Instytutem Fizyki Czeskiej Akademii Nauk w Pradze, Pani doktor odbyła cztery krótsze staże.

W międzyczasie Pani doktor miała dwie przerwy w działalności naukowej, związane z urlopami macierzyńskimi (2000-2001, 2013-2014) oraz jedną dłuższą przerwę związaną z problemami zdrowotnymi w latach 2015-2017. Należy również podkreślić, że w latach 2006-2023, Pani Dorota Dardas odbyła wiele szkoleń zdobywając dodatkowe kompetencje i techniki edukacyjne w pracy z dziećmi/uczniami z deficytami rozwojowymi.

3. Informacja o osiągnięciach naukowych, aktywności naukowej, organizacyjnej i popularyzatorskiej Kandydatki

Dorobek naukowy dr inż. Doroty Dardas obejmuje publikacje o łącznym współczynniku oddziaływania (Impact Factor) $IF=60,6$ natomiast po uzyskaniu ostatniego awansu naukowego wynosi: $IF=57,9$. Liczba cytowań prac Kandydatki, na dzień wszczęcia postępowania, wynosiła 238. Indeks Hirscha w tym czasie wynosił $H=10$. Jeżeli odejmiemy samocytowania wszystkich współautorów to liczba cytowań spadnie poniżej dwustu a indeks Hirscha wyniesie 8. Lista JCR, w dniu wszczęcia postępowania habilitacyjnego, wskazywała 32 prac ze współautorstwem Kandydatki, w tym 28 publikacji po uzyskaniu stopnia doktora. Dorobek naukowy Kandydatki obejmuje publikacje w czasopiśmie z pogranicza fizyki, inżynierii materiałowej i chemii. Baza Web of Science wskazuje, że głównym obszarem naukowym wskazanych wydawnictw jest fizyka (37% prac). Drugą dyscypliną jest inżynieria materiałowa (33% prac) i kolejno: chemia (15.5 % prac) oraz multidyscyplinarne nauki (14.5% prac). Niewątpliwie, czasopiśmem wiodącym w dorobku Kandydatki jest *Phase Transition* (8 prac, co stanowi 26%), którego Impact Factor wynosi obecnie 1,6 a liczba punktów ministerialnych (PM) równa się 40. Kolejne czasopisma pod względem ilości prac to: *Opto-Electronics Review* ($IF=1.6$; $PM=100$; 4 publikacje), *Liquid Crystals* ($IF=2,2$; $PM=100$ 3 publikacje), *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* ($IF=0.7$; $PM=100$; 3 publikacje).

Kandydatka jest pierwszym autorem w 28% swoich prac a autorem korespondencyjnym w 22% prac i w dwóch pracach jest jedynym autorem. Pozwala to na wniosek, że w dużej części badań Kandydatka odgrywała wiodącą rolę. Zarówno tematyka jak i zakres badań w wielu przypadkach odbiega w mniejszym lub większym stopniu od nurtu badań dotyczących głównego osiągnięcia naukowego co świadczy o szerokim zakresie zainteresowań naukowych Habilitantki. Kandydatka jest współautorką jednego rozdziału w monografii dotyczącej interdyscyplinarnych badań w naukach przyrodniczych i dwóch popularnonaukowych publikacji spoza listy JCR.

Reasumując stwierdzam, że Kandydatka ma różnorodny i cenny dorobek naukowy, o czym świadczą liczne cytowania, a Jej dorobek został już dostrzeżony przez innych badaczy.

Na konferencjach krajowych i międzynarodowych Kandydatka była współautorem 12 referatów) oraz 34 plakatów. Wyniki jej prac prezentowanych na konferencjach zostały opublikowane w materiałach pokonferencyjnych to jest 56 prac. Wygłosiła sumarycznie 27 wykładów w ramach seminarium (16 w IFM PAN w Poznaniu) oraz na specjalne zaproszenie w jednostkach współpracujących, głównie w ośrodkach zagranicznych. Habilitantka brała aktywny udział przy organizacji konferencji naukowych, między innymi prestiżowej międzynarodowej konferencji ciekłokrystalicznej w 2010r w Krakowie jako członek komitetu organizacyjnego (23rd ILCC), 13 konferencji organizowanej przez *rzecz Nauki i Promocji TYGIEL*. Habilitantka może pochwalić się wieloletnią współpracą z ośrodkami naukowymi zarówno zagranicznymi jak i w Polsce, pozwolę sobie tylko wymienić te najważniejsze: Instytut Fizyki Czeskiej Akademii Nauk w Pradze, Instytut „Józef Stefan” w Ljublanie, Instytut Fizyki Teoretycznej Landaua Rosyjskiej Akademii Nauk w Moskwie, Wydział Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego, Uniwersytet Jagielloński czy Wojskowa Akademia Techniczna i szereg innych. Współpraca ta zaowocowała kilkoma projektami w ramach umowy bilateralnej z Akademiami Nauk w tym (RAN i CzAN) w latach 2010-2018. Przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitantka była wykonawcą w 3 projektach KBN, w tym w projekcie promotorskim. Po uzyskaniu stopnia doktora brała udział w 4 projektach badawczych finansowanych z funduszy państwowych, jeden raz jako kierownik projektu. Od 2021 roku brała udział w pięciu projektach o charakterze proekologicznym, pełniąc dwukrotnie funkcję kierownika przedsięwzięcia i trzykrotnie jako koordynator w IFM PAN. Różnorodność tematów projektów oraz współpraca z ośrodkami zagranicznymi dała możliwość Pani doktor zdobyć duże doświadczenie eksperymentalne.

Kandydatka jest członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma *Materials* (MDPI), w którym pełni rolę redaktora naukowego czasopisma, recenzenta oraz redaktora gościnnego wydania specjalnego. Wykonała kilka recenzji artykułów naukowych w czasopismach takich jak: *Materials*, *Crystals*, *Acta Physica Polonica A* oraz trzykrotnie recenzowała rozdział monografii naukowej, wydawnictwa TYGIEL.

Habilitantka może pochwalić się bardzo bogatą działalnością popularyzującą naukę oraz dydaktyczną, biorąc pod uwagę, że wywodzi się z ośrodka, który nie prowadzi działalności dydaktycznej. W latach 2018-2023 pełniła funkcję promotora pomocniczego pracy, która realizowana była całkowicie w IFM PAN. Była również promotorem pracy magisterskiej obronionej w 2023 roku oraz jednej pracy inżynierskiej. W ramach współpracy dydaktycznej z

Politechniką Poznańską wielokrotnie sprawowała formalną opiekę nad studentami pierwszego i drugiego stopnia kształcenia w ramach pracowni specjalistycznych oraz praktyk studenckich realizowanych w IFM PAN.

Imponująca jest aktywność popularyzacji nauki o bardzo różnorodnej tematyce wśród dzieci i młodzieży. Do najważniejszych należą: *Noc Naukowców* pod tytułem „W labiryncie Fizyki” w roku 2023 oraz w 2021 r. z tematem „Mikroświat ciekłych kryształów w okularze mikroskopu”. Kolejnym ważnym przedsięwzięciem jest projekt *HORIZON-MSCA-2022-CITIZENS* w ramach, którego Habilitantka przeprowadziła wiele eksperymentów fizycznych dla szkół oraz *Poznański Festiwal Nauki i Sztuki* w 2022/23. Wiele innych warsztatów naukowych, wykładów popularnonaukowych z dziedziny fizyki, ale przede wszystkim pokazując fascynujący świat ciekłych kryształów uczniom i studentom, promując tym samym IFM PAN.

Do osiągnięć organizacyjnych kandydatki można zaliczyć również organizację i modernizację stanowisk laboratoryjnych w IFM PAN, do najważniejszych należą: stanowisko do pomiaru własności lepko sprężystych w słabym polu elektrycznym oraz stanowisko do pomiaru dwójłomności optycznej przy użyciu fotoelastycznego modulatora światła jak również udział w tworzeniu Laboratorium Anizotropii Optycznej.

4. Ocena wskazanego przez Kandydatkę osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 219 ust.1 pkt.2 lit. b ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz.1668 ze zm.), Habilitantka przedstawiła cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych objęty wspólnym tytułem: **“Efekty wiskoelastyczne w chiralnych ciekłych kryształach ferroelektrycznych i antyferroelektrycznych”**. Cykl ten zawiera 8 artykułów współautorskich opublikowanych w czasopiśmie z listy JCR pomiędzy rokiem 2009 a 2023. Wszystkie publikacje ukazały się w renomowanych czasopiśmie z dyscypliny fizyki i inżynierii materiałowej o sumarycznym współczynniku oddziaływania (Impact Factor) IF= 12.

Sześć prac mają wielu autorów (H1-H5, H8) a Habilitantka jest pierwszym autorem i zarówno autorem do korespondencji w trzech z nich (H3, H4, H8) natomiast dwie z cyklu to prace jedno autorskie (H6, H7). Habilitantka nie określa procentowego udziału współautorów w poszczególnych publikacjach a merytoryczny wkład w powstanie każdej pracy. Zgodnie z oświadczeniami przedstawionymi w wykazie osiągnięć naukowych wkład Habilitantki w powstanie tych prac polegał głównie na:

- przygotowaniu komórek elektrooptycznych wraz z porządkowaniem materiałów ciekłokrystalicznych,
- wykonywanie pomiarów, analiza wyników, wykonywanie obliczeń,
- przygotowanie i charakteryzacja badanych materiałów,
- opracowanie koncepcji kalibracji odpowiedzi elektrooptycznej do wyznaczania własności, lepko sprężystych chiralnych ciekłych kryształów,
- udział w opracowaniu i pisaniu publikacji.

Podsumowując Habilitantka, można powiedzieć ogólniej, w każdej publikacji brała udział w przygotowaniu eksperymentu i pomiarach, analizowała wyniki oraz brała udział w przygotowaniu

manuskryptu artykułu, natomiast w trzech pracach (H6-H8) samodzielnie sformułowała problem badawczy, opracowała koncepcję i metodologię badań. Mam małą uwagę, dotyczącą określaniu indywidualnego wkładu dotyczącego wykonywaniu pomiarów, uważam, że bardziej wskazane byłoby precyzyjnie określać jakiego typu pomiary kto wykonał, zamiast pisać w oświadczeniu np. brała częściowo udział, na tej podstawie trudno ocenić jakie pomiary kto wykonał. Biorąc pod uwagę przedstawione oświadczenia współautorów można stwierdzić, że udział Habilitantki w wymienionych wyżej publikacjach jest znaczący.

Wszystkie prace dotyczą badań właściwości elektrooptycznych oraz lepkosprężystych materiałów ciekłokrystalicznych tworzące fazę ferroelektryczną i antyferroelektryczną. Cykl prac koncentruje się na określeniu kluczowych parametrów mechanicznych, takich jak współczynnik lepkości rotacyjnej oraz współczynnik sprężystości skrętnej, w kontekście ich praktycznego zastosowania w urządzeniach elektrooptycznych. Przeprowadzone badania miały na celu próby znalezienia uniwersalnej metody pomiarowej, pozwalającej na dokładne wyznaczenie efektów lepkosprężystych w chiralnych ciekłych kryształach oraz ich mieszaninach, w warunkach laminarnego przepływu i małych deformacji, a co za tym idzie zastosowanie zewnętrznego pola elektrycznego o małym natężeniu, co jest szczególnie istotne dla poprawy wydajności i efektywności wyświetlaczy ciekłokrystalicznych. Właściwości fizyczne materiałów ciekłokrystalicznych są związane głównie z symetrią fazową, a najważniejszą ich cechą, decydującą o ich rozlicznych zastosowaniach, jest łatwość sterowania anizotropią ich właściwości (głównie optycznych) przez zewnętrzne pola oraz efekty powierzchniowe. Dlatego rozważając możliwość zastosowania ich w następnej generacji wyświetlaczy 3D, wyświetlaczy dla telekomunikacji czy przestrzennych modulatorów światła i innych szybkich przełączników, należy przede wszystkim wziąć pod uwagę parametry określające lepkość i sprężystość tych materiałów oraz dokonać dokładnej oceny jak zewnętrzne pola/efekty powierzchniowe wpływają na uporządkowanie, a poprzez to na dynamikę i anizotropowe właściwości fazy ciekłokrystalicznej.

Generalnie, cykl możemy podzielić na cztery tematy badawcze, które są ściśle ze sobą powiązane:

- Eksperymentalne wyznaczanie współczynników lepkości i sprężystości rotacyjnej (prace: H1-H7)
- Badanie liniowych i nieliniowych efektów elektrooptycznych, z naciskiem na mechanizmy leżące u podstaw tych efektów oraz ich zależność od temperatury (prace: H3, H4).
- Badanie wpływu efektów powierzchniowych oraz pola elektrycznego (małych i dużych deformacji) na właściwości lepkosprężyste i elektrooptyczne (praca H5)
- Badanie wpływu fotowysielania laserowego na zjawisko kotwiczenia i tym samym na właściwości elektrooptyczne [H8].

Do pełnego opisu właściwości lepkosprężystych i elektrooptycznych materiałów o własnościach ferro- i antyferroelektrycznych, nieodzowne było przeprowadzenie pomiarów oraz odpowiednich obliczeń wielkości fizycznych takich jak: polaryzacji spontanicznej, skoku śruby, kąta pochylenia molekuł; liniowy współczynnik elektrooptyczny oraz czasu relaksacji. W pracach badano chiralne materiały ciekłokrystaliczne z różną sekwencją przejść fazowych, dodatkowo w pracach (H6, H7) badano mieszaniny dwóch materiałów ferroelektrycznych, które

różniły się współczynnikami lepkości sprężystymi.

W pracach H1 i H2 na podstawie pomiaru polaryzacji spontanicznej, skoku helisy, kąta pochylenia i relaksacji dielektrycznej wyznaczono współczynniki lepkości rotacyjnej i sprężystości w funkcji temperatury. W pracy zbadano wpływ orientacji ciekłego kryształu, grubość komórki elektrooptycznej na badane właściwości wiskoelastyczne, co miało ogromne znaczenie pod kątem aplikacyjnym tych materiałów. Podobne podejście oraz wyznaczenie temperaturowej zależności współczynnika sprężystości w fazie antyferroelektrycznej ze strukturą helikoidalną zastosowano w pracy H4.

Praca H3 opisywała zjawiska elektrooptyczne wywołane słabymi polami elektrycznymi, znacznie niższymi od tych potrzebnych do rozwinięcia helisy, w cienkich, planarnych próbkach chiralnych ciekłych kryształów z fazą ferro i antyferroelektryczną. Zauważono, iż zewnętrzne pole elektryczne powoduje powstawanie dwóch efektów: pierwszy to deformacja helikoidy wraz ze zmianą położenia osi optycznej o kąt, który jest proporcjonalny do natężenia pola drugi powoduje zmianę kształtu indykatrixy optycznej proporcjonalnej do kwadratu pola. Zastosowano nową metodę pomiarów elektrooptycznych, która pozwoliła na określenie bezwzględnych wartości współczynników liniowych i kwadratowych.

W pracy H5 porównano ze sobą różne metody wyznaczania właściwości wiskoelastycznych (tj. współczynników lepkości i sprężystości rotacyjnej) dla chiralnej fazy smektycznej. Skoncentrowano się na metodach wyznaczania właściwości lepkości sprężystych w warunkach niewielkiego wpływu oddziaływań powierzchniowych i w obecności niewielkich deformacji oraz porównano je z eksperymentami przełączania wywołanymi przepływem turbulentnym. Zaobserwowano silną korelację sposobu uporządkowania materiału oraz grubości komórki elektrooptycznej na wyznaczone stałe materiałowe.

Podsumowując wyniki otrzymanych w ramach prac H1-H7, można jednoznacznie stwierdzić, iż właściwości lepkości sprężyste smektycznych materiałów ciekłokrystalicznych silnie zależą od chiralności molekularnej co z kolei wpływa na podatność na pole elektryczne oraz od ilości i charakteru przejść fazowych.

W pracy H8 zbadano efekt laserowego fotowysbielania na wiskoelastyczne właściwości chiralnych ciekłych kryształów. Materiał ciekłokrystaliczny domieszkowano nanocząstkami złota oraz fotoizomeryzującym barwnikiem DANS. Na podstawie uzyskanych wyników wykazano, że metoda fotowysbielania laserowego (znana również jako fotowypalanie) wpływa na intensywność światła przechodzącego przez materiał CK, ale nie zmienia jego struktury ani uporządkowania. Zaobserwowano, że fotowysbielanie laserowe materiału CK stabilizuje cały układ, poprawiając efekt kotwiczenia. Tym samym metoda ta może być stosowana do stabilizacji metastabilnych układów ciekłokrystalicznych.

Właściwości lepkości sprężyste są jedną z najbardziej fundamentalnych właściwości materiałów ciekłokrystalicznych, głównym problemem w wyznaczaniu tych właściwości jest mnogość parametrów fizycznych potrzebnych do określenia wartości stałych sprężystości i lepkości. Habilitantka w swojej wieloletniej pracy nad tymi zjawiskami przeanalizowała teoretycznie jak i eksperymentalnie wiele różnych metod pomiarowych umożliwiających pełną charakterystykę właściwości wiskoelastycznych dla smektycznych materiałów ciekłokrystalicznych oraz ich

mieszanin. Habilitantka w swoim przewodniku podsumowała, iż sposób wyznaczenia wiskoelastycznych stałych materiałowych zależy głównie od sposobu zastosowania/przeznaczenia badanych materiałów. Jeżeli potrzebujemy informacji dotyczących stałych mechanicznych typu objętościowego, wówczas najpewniejsze będzie zastosowanie grubej komórki homeotropowej do wszystkich wyznaczanych parametrów, natomiast w przypadku materiałów do zastosowań, gdzie ciekły kryształ jest stabilizowany powierzchniowo najbardziej odpowiednia jest metoda wykorzystująca liniowy współczynnik elektrooptyczny w warunkach małych odkształceń.

4. Pozostałe uwagi oraz podsumowanie

Praca habilitacyjna i dorobek naukowy dr inż. Doroty Dardas zasługują na pozytywną ocenę. Uważam, że Habilitantka wniosła znaczny wkład do rozwoju badań materiałów ciekłokrystalicznych dla urządzeń optoelektronicznych. Podkreślić należy, że Habilitantka, w swoich zainteresowaniach naukowych nie ograniczała się tylko do badań właściwości lepkosprężystych i elektrooptycznych smektycznych ciekłych kryształów. Habilitantka również zajmowała się badaniem właściwości optycznych materiałów nematycznych, smektycznych, jak i kompozytów ciekłokrystalicznych, poprzez wyznaczanie dwójłomności optycznej różnymi metodami. Wyznaczała również skok śruby helikoidalnej w materiałach ferro i antyferroelektrycznych domieszkowanych nanocząstkami oraz stałą Kerra dla materiałów z fazą niebieską.

Przedstawiony w recenzji opis badań prezentowanych w pracach z cyklu jest ze względów oczywistych bardzo ograniczony, jednak upoważnia do stwierdzenia, że przedstawiony cykl publikacji jest spójny tematycznie i stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej, co jest ustawowym warunkiem, który powinno spełnić osiągnięcie naukowe. Osiągnięcia naukowe zaprezentowane w rozprawie habilitacyjnej, cenny dorobek popularno-naukowy, szeroka współpraca zarówno z naukowymi ośrodkami krajowymi jak i zagranicznymi w pełni uzasadniają rozpoczęcie starań o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

5. Końcowa konkluzja

Na podstawie analizy złożonej dokumentacji oraz oceny dorobku naukowego Habilitantki stwierdzam, że pani dr inż. Dorota Dardas spełnia wymogi stawiane w art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.), a w szczególności:

- 1) posiada stopień doktora
- 2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne jako cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych
- 3) wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni,
- 4) wykazuje się ponad przeciętną aktywnością popularyzatorską nauki.

W związku z powyższym, wyrażam pozytywną opinię o przedstawionym osiągnięciu i wnioskuję o przeprowadzenie dalszych czynności w postępowaniu o nadanie Pani dr inż. Dorocie Dardas stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne.