



Instytut Fizyki Molekularnej PAN

ul. Mariana Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań

tel. (61) 8695-100, fax (61) 86 84 524

Internet: <http://www.ifmpan.poznan.pl>

POLITECHNIKA POZNAŃSKA WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I FIZYKI TECHNICZNEJ		
DATA	19.09.2025	DNIA
WPŁYNEŁO		

DF-63/112/2025

DF-63/73/2025

Poznań, 26 września 2025 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Stachery - Molendy

„Samoorganizacja wybranych dyskotecznych ciekłych kryształów pochodnych benzotriazin i trójfenyli tworzących warstwy Langmuira na granicy faz powietrze-woda i na podłożach stałych”

1. Podstawa prawna do przygotowania niniejszej recenzji

Niniejszą recenzję przygotowałam na wniosek Rady Dyscypliny Inżynieria materiałowa Politechniki Poznańskiej z dnia 16 maja 2025 r. Sporządzając recenzję, opierałam się na następujących regulacjach prawnych i dokumentach:

- 1) Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późniejszymi zmianami, w tym Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, 1871, 1897.)
- 2) Recenzje w postępowaniach o awans naukowy, Poradnik, Rada Doskonałości Naukowej, 2022 r.
- 3) Umowa o Dzieło nr DF-63/73/2025

2. Sylwetka doktorantki

Pani mgr inż. Justyna Stachera - Molenda ukończyła studia inżynierskie (I-go stopnia) i magisterskie (II-go stopnia) na Politechnice Poznańskiej, na kierunku Fizyka Techniczna,

o specjalności *Nanotechnologie i materiały funkcjonalne*. Pracę inżynierską oraz dyplomową napisała pod kierunkiem dr Ewy Chrzumnickiej uzyskując tytuł magistra inżyniera. Po ukończeniu studiów magisterskich p. mgr inż. Justyna Stachera - Molenda realizowała kształcenie III stopnia kontynuując naukę na Politechnice Poznańskiej w ramach studiów doktoranckich w Zakładzie Mikro- i Nanostruktur Instytutu Badań Materiałowych i Inżynierii Kwantowej na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej.

Oprócz przekazanej do recenzji pracy doktorskiej pt.: „*Samoorganizacja wybranych dyskotycznych ciekłych kryształów pochodnych benzotriazin i trójjfenyli tworzących warstwy Langmuira na granicy faz powietrze-woda i na podłożach stałych*” p. mgr inż. Justyny Stachery - Molendy dostarczone zostały dokumenty dotyczące jej aktywności naukowej w trakcie trwania studiów doktoranckich, z którymi mogłam się zapoznać przygotowując niniejszą recenzję. Doktorantka załączyła pozytywną, pisemną opinię na temat jej aktywności i rozprawy sporządzoną przez promotora oraz wykaz prac naukowych (trzy prace opublikowane w czasopismach z listy filadelfijskiej oraz trzy prace opublikowane w materiałach pokonferencyjnych, w których Kandydatka była współautorką) i wystąpień konferencyjnych (osiem prezentacji ustnych, dwa postery prezentowane osobiście oraz pięć reprezentowanych przez współautorów). Za cztery prezentowane wystąpienia Kandydatka otrzymała wyróżnienia i nagrody. Kandydatka wykazała, że w okresie swojej aktywności na Politechnice Poznańskiej brała udział jako wykonawca w dwóch projektach badawczych (DSMK 2018, 2020) i w jednym jako kierownik (DSMK 2020) realizowanych w ramach subwencji badawczej (SBAD). Podczas realizacji III stopnia kształcenia Kandydatka sprawowała opiekę nad sześcioma dyplomantami, była aktywnym członkiem Wydziałowego Samorządu Doktoranckiego (wiceprzewodnicząca), Komisji ds. Stypendium Doktoranckiego oraz Komisji ds. Kształcenia, była członkiem komitetu organizacyjnego konferencji naukowej oraz aktywnie popularyzowała naukę podczas europejskiego wydarzenia jakim jest Noc Naukowców.

3. Formalne dane na temat rozprawy

Pani mgr inż. Justyna Stachera - Molenda swoją rozprawę doktorską napisała na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej pod kierunkiem prof. dra hab. Tomasza Martyńskiego (promotor) oraz dr Ewy Chrzumnickiej (promotorka pomocnicza).

Układ pracy jest typowy dla rozprawy doktorskiej. Przedstawiona do oceny dysertacja składa się ze spisu najważniejszych skrótów i oznaczeń, streszczenia, spisu treści, trzech głównych działów (zagadnienia wprowadzające, materiały i metody, wyniki i dyskusja), podsumowania, bibliografii oraz spisu rysunków i tabel.

Rozdział 1 zawiera wybrane zagadnienia wprowadzające w tematykę rozprawy doktorskiej. Kandydatka przedstawiła w nim podstawowe informacje dotyczące ciekłych kryształów ze szczególnym uwzględnieniem dyskotycznych ciekłych kryształów, charakteru ich uporządkowania, budowy, występowania oraz podziału faz kolumnowych. Następnie zostały omówione zjawiska powierzchniowe zachodzące na granicy warstw, zaprezentowano podstawy fizyczne technik Langmuira, Langmuira-Blodgett i Langmuira-Schaefera. Wstępnie zaprezentowano metody charakteryzacji utworzonych mono- i wielowarstw poprzez analizę przebiegu izoterm, potencjału powierzchniowego, zasadę działania mikroskopu do obserwacji pod kątem Brewstera, spektroskopii absorpcyjnej i emisyjnej, mikroskopu konfokalnego, a także sposób zastosowania mikroskopu sił atomowych.

W Rozdziale 2 doktorantka zaprezentowała wybrane do badań materiały – dyskotyczne ciekłe kryształy z rdzeniem paramagnetycznym, dyskotyczny ciekły kryształ niewykazujący właściwości magnetycznych oraz barwnik perylenowy, którego niektóre homologii tworzą kolumnowe fazy ciekłokrystaliczne. Następnie przedstawiony został sposób przygotowania próbek, a także wykorzystywane w pracy metody eksperymentalne w tym metody wytwarzania warstw molekularnych, ich charakteryzacji i oceny możliwości aplikacyjnych.

Rozdział 3. zawiera wyniki badań własnych p. mgr Justyny Stachyry-Molendy i ich interpretacje. Kandydatka przedstawiła rezultaty dotyczące badanych dyskotycznych ciekłych kryształów z i bez paramagnetycznego rdzenia oraz pochodnej barwnika perylenowego w warstwach Langmuira na podstawie analizy przebiegu zmian ciśnienia powierzchniowego oraz potencjału powierzchniowego w funkcji pola powierzchni przypadającego na molekułę w warunkach izotermicznych. Wyznaczono także przebiegi zmian modułu ściśliwości od ciśnienia powierzchniowego warstw Langmuira, dzięki czemu uzyskano wartości optymalnego ciśnienia dla osadzania stabilnych monowarstw na podłożu stałym. Jako uzupełnienie przedstawione zostały zestawienia obrazów tekstur, uzyskane przy użyciu mikroskopu do obserwacji pod kątem Brewstera, tworzących się podczas sprężania monowarstw Langmuira. W kolejnym podrozdziale przedstawiono i omówiono wyniki uzyskane podczas badań spektroskopowych dotyczących badanych dyskotycznych ciekłych kryształów i pochodnej barwnika w roztworze oraz na podłożu stałym. Widma absorpcji zarejestrowane zostały dla monowarstw wybranego dyskotycznego ciekłego kryształu oraz

barwnika perylenowego, wielowarstw oraz warstw naprzemiennych obu materiałów osadzanych przy różnym ciśnieniu. Dla wspomnianych układów wykonane zostały pomiary spektroskopii – zarejestrowano i przedyskutowano przebiegi widm fluorescencji i wzbudzenia. Do dalszego scharakteryzowania warstw Langmuira-Schaefera dokonano analizy tekstur uzyskanych dzięki obserwacjom przy użyciu mikroskopu konfokalnego oraz mikroskopu sił atomowych. Dodatkowo doktorantka wykonała pomiary kąta zwilżania wodą uzyskanych warstw naniesionych na krystaliczny krzem.

W ostatnim rozdziale p. mgr inż. Justyna Stachera - Molenda przedstawiła podsumowanie uzyskanych wyników i wnioski oraz umieściła również listę 3 publikacji, których jest współautorką. Na końcu dysertacji znajduje się obszerna bibliografia, spis rysunków oraz tabel.

Podsumowując formalne dane na temat pracy czuję się zobligowana do przedstawienia sugestii i uwag, które nasunęły się podczas jej oceny. Dysertacja jest obszerna (182 strony), z czego 56 stron stanowią zagadnienia wprowadzające, 16 stron materiały i metody, 65 stron wyniki i dyskusja oraz 7 stron podsumowania. Uważam, że układ pracy byłby bardziej czytelny, gdyby opis metod dotyczących warstw molekularnych na granicy faz, zasad działania mikroskopii (pod kątem Brewstera, konfokalnej, sił atomowych) umieścić w Rozdziale 2. Rozumiem, że kandydatka miała na celu oddzielenie literaturowych danych od strictly technicznych, jednakże obecny podział (myślę, że całkowicie niepotrzebnie) dodaje pracy objętości kosztem spójności. Wizualny odbiór pracy i pierwsze wrażenie jest bardzo pozytywne. Pod względem graficznym widać ogromny wkład doktorantki w przygotowanie schematów, struktur, rysunków poglądowych, wykresów i tabel. W wersji cyfrowej pracy można skorzystać z funkcji korekty jasności i kontrastu co umożliwia wizualizację przedstawionych grafik na odpowiednim poziomie. Niestety w wersji drukowanej niektóre informacje są nieczytelne z powodu niefortunnie wybranej kolorystyki (często zbyt ciemnej i z bardzo małym kontrastem w stosunku do zamieszczonych opisów). Dodatkowo nie sposób pominąć występujących w pracy bardzo licznie literówek (nawet w tytule rozdziału), błędów stylistycznych, powtórzeń, niedokończonych zdań, które w znaczący sposób wpływają na jakość i odbiór przygotowanej rozprawy (z uwagi na ilość pozwolę sobie ich nie wypunktowywać po kolei – warto tutaj przemyśleć znaczną korektę redaktorską, gdyby praca miała być przygotowywana do publikacji). Szkoda, bo (w dalszej części recenzji skoncentruję się na ocenie merytorycznej) widać tutaj chyba presję czasu, która prawdopodobnie uniemożliwiła adekwatne ustosunkowanie się do korekt proponowanych przez promotorów.

4. Ocena zawartości merytorycznej

Celem pracy doktorantki mgr inż. Justyny Stachery - Molendy była charakteryzacja wybranych dyskotycznych ciekłych kryształów oraz dyskotyczny barwnik fluoryzujący i określenie ich zdolności do tworzenia uporządkowanych warstw monomolekularnych na granicy faz powietrze-woda i możliwości przenoszenia ich na podłoża stałe. Ważnym elementem badawczym doktorantki było sprawdzenie wybranych związków dyskotycznych pod względem tworzenia regularnych wielowarstw molekularnych na powierzchni kwarcu i krzemu. W trakcie czytania pracy nasunęło mi się kilka pytań i uwag:

- 1) Doktorantka wybrała dyskotyczne materiały o akronimach DS3, DS4, HAT6 w celu porównania ich zdolności do tworzenia monowarstw na powierzchni interfejsu powietrze-woda w zależności od właściwości magnetycznych rdzenia. Zabrakło mi jednoznacznej oceny doktorantki, dlaczego wybrała akurat takie materiały a przede wszystkim jaka jest ocena końcowa ewentualnego zastosowania w/w materiałów? Który wariant (porównując też układy monowarstwowe z wielowarstwowymi) jest bardziej obiecujący, a który doktorantka uznałaby za nierokujący i dlaczego?
- 2) Na rysunkach 3.5, 3.6 i 3.12 zaprezentowano zmierzone symultanicznie zmiany potencjału i ciśnienia powierzchniowego w funkcji powierzchni przypadającej na pojedynczą molekułę dla warstwy Langmuira. Porównując te wykresy zauważamy, że wartości potencjału uzyskane dla materiału DS4 są znacznie bardziej zaszumione niż pozostałe. Czy doktorantka mogłaby wyjaśnić te różnice? Rozumiem, że tempo sprężania było jednakowe. Mimo tego do dalszych badań wybrano właśnie ten materiał. Czy decydująca była wartość uzyskanego potencjału czy również inne względy?
- 3) Zaprezentowano obrazy tekstur obserwowanych podczas sprężania dla badanych materiałów. Uważam za bardzo cenny fakt, że doktorantka zaproponowała modele ułożenia molekuł dyskotycznego ciekłego kryształu w warstwach Langmuira oraz określiła dodatkowo sposób ułożenia sztywnego rdzenia w warstwie. Czy można byłoby bliżej sprecyzować w jaki sposób na podstawie zaprezentowanych obrazów tekstur zostały wysunięte tak jednoznaczne wnioski?
- 4) Dla dwuskładnikowych warstw Langmuira utworzonych z pochodnej perylenu C7 z ciekłym kryształem DS4 izotermy $\pi - A$ (rys. 3.15) druga i trzecia przebiegają praktycznie identycznie. Natomiast zależności współczynnika ściśliwości dla

wspomnianych izoterm już znacząco się różnią. Warto byłoby wspomnieć z jakiego powodu obserwujemy takie różnice i co oznaczają.

- 5) W zmierzonych widmach absorpcji światła monowarstw i wielowarstw doktorantka zauważa, że powyżej 350nm występują silne szумы aparaturowe. Czy były próby pomiarowe w tym zakresie, aby tych szumów nie było?
- 6) Dyskotyczne związki ciekłokrystaliczne są trudne. Szanuję odwagę podjęcia się tego zagadnienia. Warto byłoby podać a wręcz uwypuklić zasadniczą różnicę dotyczącą techniki tworzenia i nanoszenia warstw w porównaniu z dotychczasowymi materiałami.

Doktorantka zamieściła w pracy również swój dorobek publikacyjny. Na podstawie przedstawionych artykułów trudno jest ocenić indywidualny wkład doktorantki w powstałe prace prócz informacji wydawniczych. Szkoda, że nie ukazała się praca na podstawie wyników zawartych w niniejszej rozprawie, w którym kandydatka byłaby pierwszym autorem.

W ramach oceny merytorycznej chciałabym podkreślić, że rozprawa doktorska p. mgr inż. Justyny Stachery – Molendy przedstawione zagadnienia teoretyczne, wybór bibliografii, obszerna dyskusja i podsumowanie **potwierdzają ogólną wiedzę teoretyczną kandydatki w dyscyplinie inżynieria materiałowa**. Kandydatka pokazała, że posiada umiejętność analizowania i interpretowania otrzymanych rezultatów, wyciągania wniosków oraz analitycznego i krytycznego podejścia do badanej tematyki.

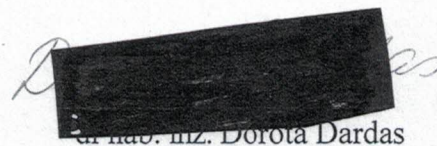
Rozprawa doktorska wykazuje również umiejętność **samodzielnego prowadzenia pracy naukowej** przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora. Świadczy o tym wybór nietrywialnych materiałów do badań jakimi są dyskotyczne ciekłe kryształy, użycie wielu komplementarnych metod, pozwalających na scharakteryzowanie związków oraz spojrzenie na wyniki wieloaspektowo i z różnych perspektyw. Wybór metod uzupełniających się wzajemnie świadczy o kreatywnym podejściu do zagadnienia.

Dodatkowo należy podkreślić fakt, że dokonując takiego wyboru badanych związków kandydatka musiała być świadoma postawionemu sobie wyzwaniu jakim będzie dostosowanie dostępnych metod i opracowanie technik adekwatnie do nowych związków. Umiejętność innowatorskiego podejścia zaowocowało uzyskanymi rezultatami, które stanowią solidną bazę do dalszych badań zarówno eksperymentalnych jak i obliczeniowych. W tym zakresie prezentowana rozprawa doktorska stanowi **oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, mogącego w przyszłości przełożyć się na zaawansowane zastosowania w zakresie inżynierii materiałowej.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Reasumując, jednoznacznie stwierdzam, że pomimo wymienionych wyżej uchybień i wątpliwości, **rozprawa** pt. „Samoorganizacja wybranych dyskotycznych ciekłych kryształów pochodnych benzotriazin i trójfenyli tworzących warstwy Langmuira na granicy faz powietrze-woda i na podłożach stałych” przedstawiona przez panią magister inżynier Justyny Stachery - Molendy **zawiera wszystkie istotne elementy i spełnia wymogi oczekiwane od rozpraw doktorskich** określone w **odpowiednich obowiązujących przepisach** (Ustawa PSWiN — art. 187) jak i zwyczajowe kryteria stawiane rozprawom doktorskim.

W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Justyny Stachery - Molendy do dalszych etapów w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.


mgr inż. D. Dardas

