

Warszawa, 13 marca 2024

dr hab. Anna Niedźwiecka, prof. IF PAN  
Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk  
Środowiskowe Laboratorium Fizyki Biologicznej  
tel.: 22 116 3516  
e-mail: [annan@ifpan.edu.pl](mailto:annan@ifpan.edu.pl)

Strona | 1

**Ocena osiągnięć naukowych dr Anny Synak  
ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego**

*Sylwetka Habilitantki*

Dr Anna Synak ukończyła studia magisterskie z edukacji w zakresie fizyki z matematyką na Wydziale Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego w roku 2001. Studia doktoranckie kontynuowała w tej samej jednostce, gdzie w roku 2007 obroniła pracę doktorską z fizyki. Obie prace dotyczyły badań w zakresie spektroskopii molekularnej i promotorem obu prac był prof. dr hab. Piotr Bojarski. Temat pracy doktorskiej brzmiał „Migracja elektronowej energii wzbudzenia w jednoosiowo zorientowanych polimerach”. Po obronie doktoratu Habilitantka zdobyła stypendium naukowe im. Marii Skłodowskiej-Curie w ramach VII Programu Ramowego EU i w latach 2008-2009 pracowała jako adiunkt naukowy w laboratorium prof. Abderrazzaka Douhala na Uniwersytecie Castilla La Mancha w Toledo w Hiszpanii. Od roku 2010 jest adiunktem naukowo-dydaktycznym w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Wydziału Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego. Habilitantka współpracuje z naukowcami z Wydziału Chemii Uniwersytetu Gdańskiego, z Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej, z University of North Texas Health Science Center w USA, z Institute of Food Sciences, National Research Council we Włoszech oraz z Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej. Była kierownikiem projektu NCN Miniatura i trzech grantów na badania własne na Uniwersytecie Gdańskim oraz głównym wykonawcą lub wykonawcą w dwóch projektach NCN Opus i w ministerialnym grantie rozwojowym. Ma również wiele osiągnięć dydaktycznych, popularyzatorskich i organizacyjnych. Prowadziła liczne zajęcia dydaktyczne z fizyki i o charakterze interdyscyplinarnym, opracowała autorskie

skrypty i ćwiczenia laboratoryjne, a w szczególności była promotorem sześciu prac licencjackich, ośmiu prac magisterskich i promotorem pomocniczym trzech prac doktorskich, dwóch w zakresie nauk fizycznych i jednej z nauk chemicznych. Wszystkie te prace doktorskie uzyskały wyróżnienie. Obecnie dr Anna Synak jest promotorem pomocniczym w czwartym przewodzie doktorskim.

#### *Ocena osiągnięć naukowych*

#### *Ocena formalna*

Zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” należy ocenić, czy osiągnięcia naukowe wskazane przez Habilitantkę stanowią znaczący wkład w rozwój fizyki, przy czym w tym przypadku wśród wskazanych do oceny kilku osiągnięć powinien się znaleźć co najmniej jeden cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Habilitantka przedstawiła cykl habilitacyjny dziewięciu wieloautorskich publikacji (H1-H9) opublikowanych w bardzo dobrych i dobrych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym. W ośmiu z nich jest pierwszą autorką. Tytuł cyklu habilitacyjnego brzmi „Analiza transportu elektronowej energii wzbudzenia, jej pułapkowania i agregacji międzymolekularnej w wybranych układach fluoryzujących”. Zestaw ten składa się *de facto* z czterech rozłącznych cykli tematycznie powiązanych artykułów naukowych stanowiących osiągnięcia naukowe o tytułach:

1. **Transport energii w dwuskładnikowym układzie nieuporządkowanym w formie polimeru oraz cienkowarstwowej matrycy hybrydowej** (cykl artykułów H1, H3, H4);
2. **Bezpromienisty przekaz energii na kulistych nanostrukturach** (cykl artykułów H8, H9);
3. **Czynnik orientacyjny i jego wpływ na niektóre własności bezpromienistego przekazu energii** (cykl artykułów H2, H5);
4. **Transfer energii jako narzędzie do wykrywania i badania aktywności metaloproteinazy MMP-9** (cykl artykułów H6, H7).

Można zatem uznać, że przedstawione cztery osiągnięcia spełniają wymóg formalny z art. 219 ust. 1 pkt 2b.

Ponieważ osiągnięcia te stanowią prace zbiorowe, wymagane jest wydzielenie indywidualnego wkładu Habilitantki, co też zostało uczynione w skrupulatnie przygotowanym załączniku nr 4A „Wykaz osiągnięć naukowych...”. Deklarowany przez Habilitantkę wkład w powstanie publikacji jest zgodny z oświadczeniami złożonymi przez

współautorów. Występuje tu jednak pewna niespójność pomiędzy oświadczeniami prof. dr. hab. Piotra Bojarskiego a stanem faktycznym opublikowanym w artykułach, ponieważ deklarowany wkład sprowadza się do uczestnictwa w pisaniu fragmentów manuskryptów i konsultacji naukowych, podczas gdy w siedmiu artykułach prof. dr hab. Piotr Bojarski występuje w roli autora korespondującego, w tym w czterech pełni tę funkcję wspólnie z Habilitantką. Przyjmuje się, że autorem korespondującym jest osoba wiodąca, odpowiadająca za koncepcję tematyki badawczej i całokształt przeprowadzonych badań naukowych, tzw. *Principal Investigator* (PI) lub odwrotnie, rzadziej, spotyka się autora korespondującego w postaci osoby najmłodszej stażem, która wykonuje w sensie technicznym wymianę korespondencji z redakcją, co w tym przypadku należałoby wykluczyć. Z kolei przypisanie tej funkcji do dwóch osób w jednym artykule zazwyczaj wiąże się z odrębnym zakresem ekspertyzy w artykułach wielowątkowych, na które składają się wyniki kilku grup badawczych. Trudno jednak zrozumieć podwójne współautorstwo wiodące osób z tej samej grupy w krótkich artykułach monotematycznych. Promotor pracy magisterskiej i doktorskiej Habilitantki jest współautorem wszystkich artykułów przedstawionych do oceny jako osiągnięcia habilitacyjne, co nie spełnia zwyczajowych kryteriów samodzielności naukowej stawianych przed habilitantami. Aktualna ustawa nie wymaga jednak wykazania samodzielności i podejmowania nowej tematyki istotnie różnej od tej realizowanej przed uzyskaniem stopnia doktora. Uznaję zatem, że opisana powyżej niespójność formalna i brak prac powstałych bez udziału promotora nie wpływa znacząco na ocenę osiągnięć wskazanych przez Habilitantkę. Ostatnie drobne uchybienie formalne polega na braku oświadczenia dr. Rafała Fudali w odniesieniu do pracy H7. Jest natomiast oświadczenie kierownika tej grupy badawczej, prof. Ignacego Gryczyńskiego, który oprócz deklaracji udziału swojej grupy podkreśla wiodącą rolę Habilitantki. Podsumowując, pomimo powyższych zastrzeżeń uważam, że wymogi formalne z art. 219 ust. 2 dotyczące wydzielenia indywidualnego wkładu Habilitantki zostały spełnione.

#### *Ocena merytoryczna*

Autoreferat napisany jest bardzo pieczołowicie, z dobrym, precyzyjnym wstępem teoretycznym z widocznym zacięciem dydaktycznym. Dokładnie omówiony został proces bezpromienistego, rezonansowego przeniesienia energii na skutek krótkozasięgowego oddziaływania dipol-dipol (*Förster resonance energy transfer*, FRET). Wstęp zawiera rys historyczny rozwoju koncepcji opisujących FRET i zjawiska mu towarzyszące (pułapkowanie i migrację poprzedzającą, a także transfer wsteczny) i dojrzałe przemyślenia na temat

wzajemnych relacji pomiędzy z teorią, opisem analitycznym, symulacjami numerycznymi Monte Carlo a eksperymentem. Bardzo rozbudowany jest opis metodologiczny algorytmów użytych w hybrydowym podejściu Monte Carlo. Brzmi on przekonująco i dobrze się czyta, stwarza jednak mylne wrażenie, ponieważ jest poświęcony głównie istocie obliczeń i zaletom hybrydowego algorytmu Monte Carlo. Po jego lekturze można odnieść wrażenie, jakoby zadaniem Habilitantki było wykonywanie badań za pomocą symulacji Monte Carlo. Symulacje te jednak zostały wykonane przez inną osobę, a Habilitantka zajmowała się stroną koncepcyjną i doświadczalną badań oraz analizą wyników MC w kontekście interpretacji danych doświadczalnych i rozwoju modeli teoretycznych badanych zjawisk. Nie znajdziemy jednak w tym obszernym wstępie żadnej wzmianki na temat metodologii preparatyki próbek, ani zaawansowanych pomiarów emisyjnej spektroskopii czasoworozdzielczej w zakresie intensywności i anizotropii, co jest zastanawiające.

Bezpromienisty transfer elektronowej energii wzbudzenia jest obecnie bardzo atrakcyjną i ważną tematyką badawczą ze względu na jego powiązania zarówno z naturalnymi systemami antenowymi, takimi jak biologiczne układy fotosyntetyczne, jak i potencjalnymi zastosowaniami w projektowaniu nowych luminescencyjnych materiałów hybrydowych oraz sond biomolekularnych. Zalety tej tematyki odnajdują się zatem w badaniach podstawowych i aplikacyjnych, na wielu poziomach. Z drugiej strony, ze względu na niejednorodności strukturalne, które są immanentną cechą badanych układów oraz zależność procesów fotofizycznych od geometrii i dynamiki konformacyjnej tych układów, przed naukowcami zajmującymi się tą tematyką stoją poważne wyzwania eksperymentalne i obliczeniowe. Dlatego systematyczne analizy oparte na połączeniu zaawansowanych pomiarów spektroskopowych z symulacjami MC i rozwojem modeli teoretycznych uważam, co do zasady, za bardzo wartościowe.

Dwa wskazane osiągnięcia naukowe, nr 1 i nr 3, na które składają się prace H1, H3, H4 oraz H2, H5, stanowią bezpośrednią kontynuację realizowanej wcześniej tematyki badawczej, w której Habilitantka się specjalizuje, a mianowicie mechanizmu migracji, pułapowania i bezpromienistego transferu elektronowej energii wzbudzenia w układach cienkowarstwowych. Zaplanowanie spójnych koncepcyjnie eksperymentalnych badań spektroskopowych oraz analiza wyników MC z uwzględnieniem niejednorodności rozkładu fluoroforów wpływającej na migrację wzbudzenia i transfer powrotny pozwoliły Habilitantce na stworzenie ilościowego opisu transportu energii w cienkich warstwach hybrydowych. Habilitantka zaproponowała także metodę wyznaczania efektywnego średniego stężenia

lokalnego fluoroforów oraz ich agregatów w hybrydowych materiałach porowatych. Co ciekawe, wykazano również, że FRET zachodzi pomiędzy donorem w postaci monomeru, a akceptorem w postaci dimeru tego samego fluoroforu, w tym przypadku rodminy 6G. (W opisie osiągnięcia nr 1 wkraść się błąd, zamiast Rys. 3 na str. 23 powinno być odwołanie do Rys. 4 w publikacji H3). Natomiast badania nad kontrolą orientacji momentów przejścia, poprzez np. rozciąganie matrycy polimerowej, w której osadzone są fluorofory pozwoliło na zbadanie, w jaki sposób czynnik orientacyjny w układach częściowo uporządkowanych wpływa na zwiększenie efektywnego zasięgu FRET. Wykazano, że można uzyskać nawet kilkukrotne zwiększenie odległości do kilkunastu nanometrów oraz uzyskanie kontrolowanej anizotropii po przekazie energii.

Osiągnięcie dotyczące analizy FRET na kulistych nanostrukturach o strukturze rdzeń - powłoka (H8 i H9) jest według mnie najważniejsze, ponieważ jest stosunkowo nowo postawionym zagadnieniem o wymiarze praktycznym i mierzy się ze skomplikowaną materią realnej, niejednorodnej geometrii i funkcjonalizacji nanocząstek. Celem osiągniętym w tej części badań jest stworzenie, w oparciu o pomiar szybkości zaniku natężenia fluorescencji w funkcji promienia nanocząstek, modelu teoretycznego jednostopniowego lub poprzedzonego wieloetapową migracją transferu energii, w podejściu ilościowym. Drugim osiągniętym celem jest sformułowanie wskazówek do jego dalszego zastosowania np. do wyznaczania średniej liczby fluoroforów obsadzających wielofunkcyjne nanocząstki.

Badania w ramach osiągnięcia czwartego, czyli dotyczące badań kinetyki enzymatycznej metaloproteinazy MMP-9 mają pewien potencjał praktyczny. Wyniki takich badań podstawowych stanowią bowiem konieczną bazę do rozwijania w perspektywie dalszych poszukiwań aplikacyjnych. Jakkolwiek biosensor aktywności MMP-9 wykorzystujący FRET nie jest pomysłem nowym, to jednak szczegółowe przeanalizowanie własności fotofizycznych sensora FRET w postaci podwójnie znakowanego (D: AMCA, A: TAMRA) peptydu, jego własności konformacyjnych oraz kinetyki enzymatycznej *in vitro* dostarczyło istotnych danych do dalszych badań. W szczególności, zaprojektowany i przebadany układ jest dość dobrze zoptymalizowany pomiarowo, z charakterystyczną stałą czasową reakcji enzymatycznej rzędu 10-20 minut, z wysoką selektywnością i niską granicą detekcji enzymu rzędu kilkunastu ng/ml. Jest to cenne osiągnięcie pod kątem planowania ewentualnych przyszłych zastosowań biosensorów FRET opartych na tych barwnikach fluorescencyjnych.

W sumie prace składające się na wskazane cztery osiągnięcia Habilitantki zostały zauważone i przywołane w literaturze 55 razy (bez autocytowań) wg Web o Science i są to cytowania pozytywne w bardzo dobrych czasopismach.

#### *Uwagi dodatkowe*

Strona | 6

Tematyka osiągnięć wskazanych do habilitacji jest dość wąsko zdefiniowana, zogniskowana na szczegółach zjawiska FRET, na pułapkowaniu i migracjach poprzedzających transfer, a artykuły są jednowątkowe i stosunkowo krótkie. W zestawieniu z obszernym dorobkiem Habilitantki ten wybór wydaje się dość ograniczający. Moim zdaniem szkoda, że Habilitantka nie wykazała w charakterze kolejnego osiągnięcia swoich wyników badań nad otrzymaniem i własnościami nowych, trwałych platform plazmonicznych o zwiększonej wydajności (pozycje nr 14, 22, 23, 28, 29, 32, 35, 41 w załączniku nr 4A). Wg aktualnie obowiązujących przepisów odrębne zagadnienia tematyczne dodatkowo wzmocniłyby wartość dorobku wskazanego jako osiągnięcia do habilitacji. Chciałabym podkreślić, że całociowy dorobek naukowy Habilitantki jest tematycznie jeszcze szerszy, m.in. obejmuje również luminescencję materiałów domieszkowanych jonami ziem rzadkich. Świadczy to o wysokiej kreatywności i aktywności naukowej Habilitantki.

Pani dr Anna Synak uczestniczyła w dwudziestu dwóch konferencjach naukowych, w tym w dziewięciu zagranicznych (Hiszpania, Turcja, Portugalia). Wygłosiła trzy referaty na konferencjach międzynarodowych i cztery na krajowych. W załączniku 4A wykazanych zostało ok. 100 pozycji wystąpień konferencyjnych - jest to jednak nadużycie, gdyż sprawozdawać należy tylko własną działalność konferencyjną, czyli prezentacje przedstawione osobiście.

Habilitantka bardzo aktywnie angażuje się w życie Uniwersytetu Gdańskiego i macierzystego Wydziału oraz społeczności szkolnej. Recenzuje też manuskrypty nadsyłane do uznanych redakcji czasopism naukowych. Owocna działalność na tych pozostałych polach świadczy o tym, że Habilitantka jest ambitną i doświadczoną badaczką oraz nauczycielką akademicką.

Pani dr Anna Synak wykazała się również istotną aktywnością naukową realizowaną w innej niż macierzysta, zagranicznej jednostce akademickiej, a mianowicie na Uniwersytecie Castilla La Mancha w Toledo w Hiszpanii, w Katedrze Chemii Fizycznej Wydziału Nauk o Środowisku i Biochemii. Świadczą o tym dwa pierwszoautorskie artykuły naukowe na temat

ultraszybkiej dynamiki barwników w otoczeniu materiałów porowatych lub biomolekuł, opublikowane w prestiżowych czasopismach *J. Phys. Chem. C* (2009) i *J. Phys. Chem. B* (2010) (pozycje nr 3 i 4 w załączniku nr 4A).

*Wniosek końcowy*

Strona | 7

Habilitantka przedstawiła obszerny dorobek naukowy, obejmujący wyniki o istotnym znaczeniu poznawczym dla rozwoju nauk fizycznych. Wyrażone przeze mnie uwagi krytyczne i zastrzeżenia formalne wynikają z obowiązku recenzenckiego i nie wpływają na pozytywną opinię o dorobku naukowym Habilitantki.

Przedstawiony do oceny wykaz czterech osiągnięć dr Anny Synak został oparty o cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Prace te, na temat zagadnień w zakresie spektroskopii bezpromienistego przeniesienia energii w układach o zróżnicowanej geometrii i własnościach fotofizycznych, są wysokospecjalistyczne, na zaawansowanym poziomie naukowym i zostały opublikowane w wiodących czasopismach naukowych o zasięgu światowym. W szczególności osiągnięcia te dotyczą badania mechanizmów pułapkowania i transportu elektronowej energii wzbudzenia w cienkowarstwowych układach nieuporządkowanych i częściowo uporządkowanych, dimeryzacji fluoroforów oraz bezpromienistego przekazu energii na nanocząstkach kulistych o strukturze rdzeń-powłoka, a także możliwości wykorzystania bezpromienistego transferu energii jako narzędzia do detekcji aktywności enzymatycznej metaloproteiny MMP-9. Stanowią one niewątpliwie znaczący wkład w rozwój fizyki. **Można zatem stwierdzić, że wskazane osiągnięcia dr Anny Synak odpowiadają wymaganiom określonym w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.**



Anna Niedźwiecka