

prof. dr hab. inż. Czesław Bajer
Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN
ul. Pawińskiego 5B
02-106 Warszawa

Warszawa, 14 września 2026



DF-511/83/2026

Opinia o dorobku naukowym dr. inż. Michała Kotkowiaka

pt. „Inżynieria nanomateriałów plazmonicznych: struktura i właściwości optyczne
w układach o różnym stopniu złożoności”

Opinia została opracowana na podstawie pisma Dziekana Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej z dn. 17 lipca 2026 r., nr DF-511/72/2026, dokumentacji do wniosku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w formie broszury, oraz kopii dostarczonej w dołączonej pamięci elektronicznej. Wniosek zawiera:

- 1) pismo przewodnie
- 2) załącznik 1 – Dane wnioskodawcy
- 3) załącznik 2 – Kopia dyplomu doktorskiego
- 4) załącznik 3 – Autoreferat
- 5) załącznik 4 – Wykaz osiągnięć
- 6) załącznik 5 – Pełne teksty publikacji wykazanych w ramach monotematycznego cyklu
- 7) załącznik 6 – Udział własny poszczególnych autorów
- 8) załącznik 7 – Zaświadczenia o odbytych stażach, decyzje o przyznanych grantach
- 9) oświadczenia współautorów oraz organizacji współpracujących

1. Przedstawienie sylwetki naukowej habilitanta

Habilitant studia magisterskie ukończył w 2009 roku na Wydziale Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej oraz w 2013 roku na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

Stopień doktora uzyskał w 2017 roku na Wydziale Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej. Tytuł rozprawy doktorskiej brzmiał „*Właściwości fotofizyczne pochodnych hemu i chlorofilu w roztworach i w obecności nanocząstek metalicznych*”.

Zatrudniony jest od 2013 roku na Politechnice Poznańskiej, na Wydziale Fizyki Technicznej (obecna nazwa: Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej), jako asystent, a następnie adiunkt.

Wskaźniki bibliometryczne

W bazie Scopus figuruje 35 prac Habilitanta, z czego 19 powstało po doktoracie (jedna powstała przed doktoratem, lecz zawiera niezwiązany z rozprawą dokorską materiał). Liczba cytowań to 523 (dane z 10 września 2026 r.). Habilitant podaje liczbę 491 w dniu składania wniosku. Bez autocytowań autorów publikacji liczba ta wynosi 370. Indeks Hirscha wynosi 15, a bez prac współautorów – 11.

Należy tu zaznaczyć, że publikacje Habilitanta są wprawdzie wieloautorskie, lecz liczba współautorów nie jest wysoka. Wynosi od 2 do 6, średnio poniżej 4. W minionych dziewięciu latach licząc od doktoratu, wypada po 2 prace rocznie. Jest to średnia liczba w dyscyplinie inżynierii materiałowej. Istotną i decydującą cechą jest pozycja Habilitanta jako pierwszego autora i autora korespondencyjnego we wskazanych jako osiągnięcie naukowe publikacjach. W związku z tym można uznać aktywność publikacyjną Habilitanta za dobrą.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym przedstawionym przez Habilitanta jest cykl 9 powiązanych tematycznie artykułów naukowych pt. *„Inżynieria nanomateriałów plazmonicznych: struktura i właściwości optyczne w układach o różnym stopniu złożoności”*, opublikowanych w czasopismach naukowych. Zostały one podane w p. 3.5.2 Autoreferatu (Załącznik 3).

W Autoreferacie, w rozdziale 3.5.3 Habilitant przedstawił tematykę badawczą, zwięźle odnosząc ją do literatury. Następnie przedstawił cel naukowy. Niefortunne jest, zwłaszcza w kontekście treści publikacji i dalszego opisu dokonań Habilitanta, przedstawienie ogólnego celu badań jako: *opis właściwości fizykochemicznych nanocząstek... oraz zrozumienie, w jaki sposób kontrolowane uporządkowanie (...) wpływa na modyfikację ich właściwości optycznych* (Cel naukowy, p. 3.5.3, str. 15). Sugeruje to ograniczenie badań do zakresu pomiarowo-opisowego. W części opisowej (str. 16-27, *Omówienie zrealizowanych badań i uzyskanych wyników*) szczegółowo przedstawione zostały wyniki badań oraz omówione naukowe aspekty, lecz odpowiedni wkład naukowy na tle literatury światowej nie był dostatecznie zaakcentowany. Liczne publikacje Habilitanta zamieszczone w renomowanych czasopismach sugerowały zdecydowanie bardziej nowatorski wkład Autorów. W związku z tym recenzent zmuszony był sięgnąć do treści samych publikacji i stamtąd uzyskać wiedzę na temat osiągnięć nowatorskich Habilitanta.

Praca H1. Nowatorski wkład Autorów publikacji polegał na unikalnym połączeniu kilku elementów, które wcześniej nie były w ten sposób zestawiane w literaturowych doniesieniach. Autorzy jako pierwsi użyli precyzyjnie kontrolowanych nanoprętów pokrytych powłoką krzemionkową SiO₂ o różnej grubości, jako stabilnego systemu modelowego do pomiarów LIOAS. Także wyznaczenie za pomocą kalorymetrii optoakustycznej konkretnego ułamka energii zamienianej w czasie na ciepło w zależności od grubości izolacji krzemionkowej było nowym podejściem analitycznym. Autorzy wykorzystali gotowy pakiet obliczeniowy. Rezultaty jednak nie dają żadnego wkładu naukowego. Są dopasowaniem parametrów do uzyskanych przebiegów eksperymentalnych, a nie symulacją procesu, której wyniki pokrywałyby się z eksperymentem. Stanowią raczej urozmaicenie treści, a nie dają w tym przypadku możliwości oceny jakości obliczeń.

Praca H2. Pojęcie termicznej interakcji plazmonowej z błonami komórkowymi w kontekście medycznym i neurobiologicznym było znane w literaturze. Autorzy jednak wskazują na brak danych ilościowych dotyczących termodynamiki monowarstw Langmuira (DPPC) poddanych ciągłej fotoaktywacji nanoprętów złota, zwłaszcza w ujęciu wiskoelastyczności dylatacyjnej i potencjału

powierzchniowego. Wyjaśniono, w jaki sposób lokalne wzbudzenie Au-NR powodowało wzrost temperatury w ich bezpośrednim sąsiedztwie, wpływając tym samym na właściwości modelowej błony zbudowanej z dipalmitoilofosfatydylocholiny DPPC. Praca uzupełnia lukę metodologiczną w badaniach biokompatybilności i mechanizmów uwalniania leków kontrolowanego światłem.

Praca H3 przedstawia pierwszą bezpośrednią korelację termodynamiki z wydajnością spektroskopii Ramana wzmocnionej powierzchniowo SERS. Autorzy wyraźnie podkreślają w podsumowaniu, że po raz pierwszy połączono właściwości termodynamiczne monowarstw nanocząstek złota z wydajnością SERS uzyskanych substratów. Wyjaśniono nieliniowy wzrost wzmocnienia sygnału. Wykazano, że po przekroczeniu pierwszego przejścia fazowego w monowarstwie Langmuira, nachylenie wzrostu intensywności pasma SERS drastycznie rośnie w stosunku do niższych ciśnień. Prezentowane podejście rozwijano poprzez skorelowanie obserwacji w skali mikro z badaniami w skali nano.

W **pracy H4** zidentyfikowano ściśle ciśnienie powierzchniowe przenoszenia filmu, przy którym uzyskuje się maksymalną gęstość efektywnych gorących punktów i najwyższy współczynnik wzmocnienia SERS. Zamiast idealnie jednorodnego filmu, na podłożu kwarcowym zaobserwowano agregaty o strukturze dendrytycznej, ułożone quasi-równolegle do kierunku wyciągania podłoża z fazy wodnej. Autorzy wykazali, że gęstością tych dendrytów można precyzyjnie sterować poprzez ciśnienie transferu.

Praca H5 stanowi pogłębioną kontynuację wcześniejszych prac zespołu nad fizykochemią powierzchniową nanoprętów złota. Badacze skupili uwagę na wyjaśnieniu mechanizmu: w jaki sposób długość łańcucha polimerowego oraz obecność środka powierzchniowo czynnego, wpływają na organizację przestrzenną, agregację i sprzężenia plazmoneczne nanoprętów na granicach faz ciec–powietrze i ciało stałe–powietrze.

Praca H6 stanowi udane inżynierskie zwieńczenie wcześniejszych badań zespołu – pokazuje, jak opanowanie chemii powierzchniowej i samoorganizacji nanoprętów (m. in. prace H3, H4, H5) w połączeniu z precyzyjną technologią cienkowarstwową ALD pozwala zbudować działający prototyp biosensora optycznego o rekordowej czułości detekcji.

Praca H7 różni się profilem od pozostałych artykułów cyklu. Ma charakter teoretyczno-numeryczny. Poświęcona jest modelowaniu właściwości optycznych pojedynczych nanopryzm ze srebra oraz ich dimerów przy użyciu metody całkowania skończonego. Użyto gotowego oprogramowania CST Studio. Opracowano uogólniony wzór na położenie piku ekstynkcji, w którym współczynniki wyznaczono z dopasowań regresyjnych. Zależność ta pokazała liniowe przesunięcie widma ku falom krótszym wraz ze wzrostem zaokrąglenia naroży. Uzyskano praktyczny wzór inżynierski dla badaczy syntetyzujących podobne cząstki.

Praca H8 stanowi metodyczne uzupełnienie poprzednich prac H4 i H5. Dokonano w niej pomiarów spektroskopowych *in situ* na granicy faz ciec–powietrze. Eksperymenty dekompresji wykazały brak powrotu piku do wartości maksymalnej. Po silnym ściśnięciu cząsteczki bromku CTAB wnikają w domeny nanoprętów, trwale separując je przestrzennie na powierzchni wody. Aby wyjaśnić

zachowanie sztywnych nanoprętów pod wpływem jednoosiowej kompresji mechanicznej, autorzy zaadaptowali model hydrodynamiczny stosowany dotychczas w literaturze dla węglowych nanorurek. Opór hydrodynamiczny wymusza ich wzajemne ustawianie w dominujące konfiguracje: wzdłużną oraz boczną, których nałożenie tłumaczy obserwowany wypadkowy wynik widmowy.

Praca H9 jest rozwinięciem prac badawczych prowadzonych w pracy H8. Zamiast anizotropowych prętów z nieusuwalnym CTAB, autorzy użyli sferycznych nanocząstek złota, zsyntetyzowanych metodą cytrynianową, użyciem glikolu polietylenowego, a następnie wprowadzili ściśle kontrolowane ułamki molowe kwasu arachidynowego. Najciekawszym rezultatem doświadczalnym jest wykazanie, że przesunięcie pasma plazmonowego podczas jednoosiowego ściskania monowarstwy nie rośnie monotonicznie. Przebiega ono w czterech etapach ściśle sprzężonych ze stanem fizycznym matrycy surfaktantu.

Prace Habilitanta oraz zespołu współautorów cechuje rzetelność naukowa i dobre osadzenie w literaturze światowej. Nie ma w nich przesady interpretacyjnej ani nadmiernego przypisywania sukcesów. Wynika to zapewne z faktu, że Habilitant i współautorzy z sukcesem skupiają uwagę na sprawach naukowych i zdają sobie sprawę z ich wagi. Jest to warte podkreślenia.

Przedstawiony cykl publikacji tworzy spójną i metodycznie dopracowaną ścieżkę badawczą, która łączy fizykę zjawisk plazmonicznych, chemię koloidów oraz termodynamikę układów międzyfazowych. Główna wartość tych prac nie polega na kreowaniu nowych praw fizyki czy autorskich metod numerycznych, lecz na rzetelnym, eksperymentalnym powiązaniu parametrów termodynamicznych monowarstw, tj. stanów fazowych, modułów ściśliwości, konformacji łańcuchów glikolu polietylenowego PEG i matryc surfaktantów, z optyczną odpowiedzią nanocząstek mierzonych *in situ* na granicy faz ciecz-powietrze oraz po transferze na podłoża stałe.

Zespół konsekwentnie przeszedł od badań podstawowych nad konwersją fototermalną i elektrodynamiką sprzężeń plazmonowych do praktycznego opanowania procesów samoorganizacji na granicach faz, co pozwoliło zaprojektować działające nanoplatformy do powtarzalnej detekcji SERS oraz rekordu czułości w metalicznie wzmocnionej fluorescencji (MEF) labilnych barwników fotosyntetycznych. W literaturze światowej badania te dostarczają praktycznych wytycznych inżynierskich, dowodząc, że precyzyjną architekturę plazmoniczną i gęstość gorących punktów można kontrolować metodami chemii powierzchni bez konieczności uciekania się do innych kosztownych technik.

Uwaga ogólna dotyczy nazywania modelowaniem numerycznym lub symulacjami komputerowymi (prace H1, H5 i H7) zwykłego użycia gotowych komercyjnych pakietów obliczeniowych, polegającego jedynie na wprowadzeniu własnych danych. W takim przypadku stosowane narzędzia obliczeniowe należy traktować jak zwykłą, nawet zaawansowaną technicznie aparaturę. Użytkownicy zdają się na algorytmy, których nie są twórcami i nie mają do nich dostępu. Regulacja przebiegu symulacji za pomocą parametrów udostępnionych przez twórców, prowadząca do zbliżenia wyników numerycznych do eksperymentalnych, nie niesie wkładu naukowego. W takim ujęciu Habilitant powinien być ostrożny przy wyciąganiu uogólnionych wniosków.

W p. 3.5.4 Autoreferatu Habilitant wskazał w 9 punktach najważniejsze, jego zdaniem, elementy nowości. W opinii recenzenta są to trafnie wyszczególnione osiągnięcia. W wielkim skrócie można ująć sukces Habilitanta w poszerzeniu drogi od postawienia wymogów dotyczących właściwości materiałowych, do realizacji konkretnego materiału, o zadanych z góry właściwościach.

W cyklu prezentowanych publikacji Habilitant odgrywa rolę wiodącą i w związku z tym można uznać wskazany we wniosku udział Kandydata za znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej.

3. Ocena osiągnięć naukowo-badawczych

Wykaz publikacji naukowych opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora, niewchodzących w skład osiągnięcia naukowego, obejmuje 10 pozycji (p. 3.4.3, str. 43 Wniosku). Habilitant nie zamieścił w swoim Wniosku opisu osiągnięć naukowo-badawczych spoza głównego osiągnięcia naukowego. W związku z tym recenzent sięgnął do podanych prac, by móc ocenić osiągnięcia naukowe w całości.

Habilitant nie pełnił w tych pracach roli wiodącej. Tematyka tych prac koncentruje się wokół fizyki doświadczalnej, nanotechnologii, fotochemii oraz inżynierii materiałowej, z silnym naciskiem na badanie właściwości optycznych, powierzchniowych i funkcjonalnych nowych materiałów.

Prace te są w większości dziełem bardzo wielu autorów: praca 3 liczy 9 współautorów, praca 5 — 14 współautorów, praca 6 — 8 współautorów, praca 7 — 6 współautorów, a praca 9 — 10 współautorów. W tym zestawie, po przeliczeniu wkładu pojedynczego autora, wypada ok. 1,5 jednoautorskiej pracy na 9 lat pracy po doktoracie. W tym zakresie jest to bardzo skromna, niemal niewidoczna liczba publikacji stanowiąca pozostałe osiągnięcia naukowe. Czasopisma, w których prace te ukazały się, są w większości renomowane, o średniej punktacji MNiSZW ok. 100.

Można wyodrębnić tu kilka nurtów tematycznych, częściowo zachodzących na siebie.

Publikacje 1, 4, 6, 10 z wykazu w poz. 3.4.3 Wniosku tworzą spójny nurt badań nad projektowaniem, fotofizyką oraz optymalizacją zaawansowanych fotosensybilizatorów i nanoukładów do terapii przeciwnowotworowych — głównie fotodynamicznej i fototermicznej. Zbadano w nich m.in. wpływ powłoki krzemionkowej na rezonans plazmonowy w układach złotych nanorozpórek z pochodną chlorofilu oraz zoptymalizowano modyfikowane magnetyczne nośniki nanocząsteczkowe.

Wszystkie te badania służą stworzeniu wysoce selektywnych, wielofunkcyjnych platform biomedycznych.

W pracach 5 i 9 opisano zastosowanie ultracienkich i nanostrukturalnych warstw dwutlenku tytanu. Publikacje te dotyczą fotoelektrochemicznego rozszczepiania wody w celu produkcji wodoru oraz fotokatalitycznej degradacji farmaceutyków, np. ibuprofenu, pod wpływem światła widzialnego i UV dzięki funkcjonalizacji powierzchni porfirynami.

Trzeci nurt, pokazany w pracach 2 i 8, dotyczy inżynierii powierzchni, tribologii i powłok ochronnych. Badania te są z zakresu klasycznej inżynierii materiałowej. Obejmują wytwarzanie i analizę właściwości zaroodpornych powłok aluminiowanych modyfikowanych chromem na stopach niklu oraz badanie mechanizmów redukcji zużycia ściernego w kompozytach metaliczno-ceramicznych przy użyciu mikroskopii konfokalnej i spektroskopii Ramana.

Prace 3 i 7 obejmują szeroko pojętą inżynierię materiałową oraz fizykochemię. Dotyczą zarówno zjawisk agregacji supramolekularnej barwników organicznych w matrycach ciekłokrystalicznych jak i projektowania zaawansowanych urządzeń pomiarowych do charakterystyki sensorów. Łączą analizę właściwości funkcjonalnych nowoczesnych struktur cienkowarstwowych z rozwojem precyzyjnej aparatury laboratoryjnej.

Wspólnym mianownikiem dorobku jest wykorzystanie zaawansowanych technik spektroskopowych, mikroskopowych i elektrochemicznych do kontrolowania procesów transferu energii i ładunku w skali nano oraz projektowania materiałów o zadanych właściwościach użytkowych (medycznych, środowiskowych i mechanicznych).

Wymienione prace, mieszczące się poza głównym osiągnięciem Habilitanta, są uzupełnieniem głównego nurtu badawczego, z nastawieniem na zastosowania i wdrożenia.

4. Ocena aktywności naukowej, dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej Habilitanta

Habilitant w swojej karierze odbył 3 staże 2–3-miesięczne w zagranicznych placówkach naukowych: Faculty of Science, Department of Chemistry, University of Calgary, Calgary, Kanada, The Institute of Photonic Sciences, Castelldefels, Hiszpania oraz School of Chemical Engineering, Aalto University, Espoo, Finlandia. Współpracuje naukowo z pięcioma ośrodkami akademickimi i naukowymi, krajowymi i zagranicznymi.

Od 2009 roku Habilitant prowadzi regularnie zajęcia dydaktyczne: wykłady, ćwiczenia oraz zajęcia laboratoryjne (p. 3.7.1, str. 35 Wniosku), w pełnym wymiarze pensum dydaktycznego.

Kandydat był promotorem pomocniczym jednego zakończonego sukcesem przewodu doktorskiego. Ponadto był promotorem prac magisterskich i inżynierskich (str. 36 Wniosku) oraz recenzentem prac inżynierskich. Aktywnie uczestniczy w pracach Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, w tym jako członek Rady Wydziału. Współorganizował konferencje krajowe i międzynarodowe (p. 3.7.2 Wniosku) oraz brał udział w popularyzacji nauki.

Był kierownikiem 2 grantów Narodowego Centrum Nauki (Sonata, Preludium). Na swoim koncie ma 1 patent (5% udziału) i jedno zgłoszenie patentowe (40% udziału).

Habilitant otrzymał też 7 nagród indywidualnych oraz jedną nagrodę zespołową Rektora PP. Był recenzentem trzech zagranicznych wniosków projektowych (Francja, Czechy). Realizował też zlecenia z przemysłu krajowego i zagranicznego.

Należy podkreślić widoczną dużą aktywność, głównie naukową i dydaktyczną, w wielu obszarach związanych tematycznie z pracami Habilitanta. W tym zakresie osiągnięcia należy uznać za wystarczające.

5. Główne osiągnięcie naukowe

Osiągnięcie stanowi cykl dziewięciu powiązanych tematycznie artykułów poświęconych analizie, formowaniu oraz sterowaniu właściwościami optycznymi nanomateriałów metalicznych (głównie nanocząstek i nanoprętów złota oraz nanopryzmatów srebra). Głównym celem prac było wykazanie, w jaki sposób parametry technologiczne procesu wytwarzania (m.in. z wykorzystaniem technik Langmuira) oraz funkcjonalizacja powierzchni wpływają na samoorganizację nanocząstek i ich odpowiedź plazmoniczną. W ramach badań autor m.in. opisał mechanizmy wydajnej konwersji światła na ciepło (metodą LIOAS), opracował nanoplatformy do czułej detekcji w spektroskopii wzmocnionej obecnością metalu, a także wyjaśnił zjawisko hybrydyzacji plazmonowej w układach monowarstwowych.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Uważam, mimo pewnych uwag, że Habilitant wniósł swój znaczny oryginalny wkład w dyscyplinę naukową *inżynieria materiałowa* i udokumentował to dużą aktywnością i licznymi publikacjami naukowymi. Kandydat wykazał samodzielność w kreowaniu i przeprowadzaniu badań oraz umiejętność pracy w zespołach krajowych i zagranicznych w zakresie naukowym. W związku z powyższym stwierdzam, że całokształt dorobku **Pana dr. inż. Michała Kotkowiaka** zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 r., Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, spełnia przepisowe wymagania i może być podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

