Warszawa, 19.03.2026

Autor rozprawy doktorskiej: **mgr inż. Rafał Zbonikowski**

Promotor: **dr hab. Jan Paczesny, profesor instytutu**

Temat rozprawy doktorskiej: **„Nanoarchitektonika adaptacyjnych koloidalnych filmów Langmuira na granicy faz powietrze-woda"**

Streszczenie

Materiały reagujące na bodźce zewnętrzne, materiały adaptujące się do warunków zewnętrznych oraz interaktywne materiały stanowią zyskujący na znaczeniu kierunek w rozwoju nanotechnologii. Umiejętność konstruowania złożonych układów funkcjonalnych i ich integracja, zwłaszcza z układami biologicznymi, została w 2025 roku zidentyfikowana przez grupę ponad 100 wiodących naukowców, z Chadem A. Mirkinem na czele, jako jedno z głównych wyzwań stojących przed współczesną nanonauką. Podczas gdy takie układy operujące w trzech wymiarach są intensywnie badane, dwuwymiarowe i pseudo-dwuwymiarowe warstwy na granicy faz pozostają wciąż słabo poznane. Cienkie filmy, takie jak błony komórkowe – są kluczowymi elementami kompartmentalizacji i funkcjonalizacji organizmów żywych, jednakże względnie niewiele jest prób stworzenia sztucznych i responsywnych układów tego typu. Zmniejszanie grubości użytej warstwy materiału jest z kolei istotne z punktu widzenia przemysłu, zwłaszcza w takich obszarach jak powłoki funkcjonalne, fotowoltaiki czy kataliza.

Niniejsza rozprawa doktorska ma na celu wyjść naprzeciw wyżej wymienionym problemom, wnosząc wkład w rozwój nanoarchitektoniki koloidalnych filmów Langmuira reagujących na bodźce zewnętrzne.

Praca przedstawia aktualny obraz nanotechnologii jako dziedziny nauki oraz po krótce omawia ją w ujęciu makroekonomicznym. W dalszej kolejności wprowadza i omawia realia tworzenia responsywnych, adaptujących się dwuwymiarowych oraz pseudo-dwuwymiarowych układów, ze szczególnym naciskiem na zasady ich działania oraz kluczowe aspekty projektowania.

Część eksperymentalna skupia się na opisie układu w opartego o nanocząstki pokryte krótkimi polimerami termoresponsywnymi (PNIPAM, 24 mery). Badania podzielono na dwie części: pierwsza z nich dotyczy opisu właściwości układu działającego na granicy faz powietrze-woda; druga natomiast analizuje wzrost złożoności układ, przez zwiększenie siły jonowej subfazy (zmieniając wodę na roztwór KCl).

Badane układy wykazywały szereg nietypowych zachowań, m. in. spadek ciśnienia powierzchniowego przy wzroście temperatury, agregację nanocząstek poniżej ich dolnej krytycznej temperatury roztworu (odwrotnie niż ma to miejsce dla użytego wolnego polimeru) oraz wzrost odległości miedzy nanocząstkami przy tym samym ciśnieniu powierzchniowych, pomimo ekranowania oddziaływań elektrostatycznych i skrócenia promienia Debye'a.

Celem wyjaśnienia powyższych obserwacji, w rozprawie analizowane są właściwości fizykochemiczne prezentowanych układów, w tym reologia powierzchniowa. Uzyskane w ten sposób dane nie tylko dają wgląd w działanie układu, ale stanowią wkład w rozwój nanoarchitektoniki filmów Langmuira.