



ACADEMIA ROMÂNĂ
SCOSAAR

Anexa nr.6

REZUMATUL TEZEI DE ABILITARE

TITLUL: Polimerizarea Emulsiilor Pickering si Nanoparticulele Janus: o Platformă Versatilă Pentru Materiale Avansate Utilizate în Remedierea Mediului și în Aplicații Electronice

Domeniul de abilitare: Chimie

Autor: Dr. Andrei Honciuc

Această teză de abilitare explorează sinteza, caracterizarea și aplicațiile nanoparticulelor amfifile și pseudoamfifile în dezvoltarea de materiale funcționale avansate pentru aplicații în domeniul protecției mediului și electronicii organice. Teza acoperă patru direcții fundamentale de cercetare: (i) sinteza și aplicațiile nanoparticulelor Janus amfifile și a nanoparticulelor de silice pseudoamfifile; (ii) emulsii Pickering stabilizate de aceste nanoparticule amfifile; (iii) microsfere nanostructurate obținute prin tehnologia de polimerizare a emulsiilor Pickering; (iv) materiale compozite avansate obținute din nanoparticule și microsfere nanostructurate, precum și aplicațiile acestora.

În capitolele introductive, se acordă o atenție deosebită nanoparticulelor Janus polimerice (JNPs), formate din doi lobi, fiecare având proprietăți fizice sau chimice distincte și contrastante. Datorită contrastului de proprietăți dintre cei doi lobi, aceste nanoparticule sunt intrinsec amfifile, ceea ce le permite să îndeplinească funcții multiple simultan și le face extrem de versatile în stabilizarea emulsiilor. Teza oferă, de asemenea, o introducere în proiectarea, sinteza și funcționalizarea nanoparticulelor de silice pseudoamfifile, utilizate și ele ca stabilizatori ai emulsiilor Pickering.



ACADEMIA ROMÂNĂ
SCOSAAR

Rezultatele cercetărilor demonstrează că amfifilicitatea poate fi scalată de la nivel molecular la structuri mai mari, permițând auto-asamblarea JNP-urilor în suprastructuri precum micelii, capsule, vezicule și membrane duble. Astfel, JNP-urile pot stabiliza emulsii și spume Pickering, iar activitatea lor interfacială poate fi reglată fin. Prin ajustarea dimensiunii relative a celor doi lobi Janus — unul hidrofob și unul hidrofil, sau unul conductor și celălalt izolator — se pot modifica gradual proprietățile fizico-chimice ale nanoparticulelor. Teza introduce, de asemenea, conceptul de pseudoamfifilitate, exemplificat prin nanoparticulele de silice funcționalizate cu grupări hidrofile și hidrofobe amestecate la nivel molecular, fără segregare spațială. Acestea duc la obținerea unor materiale eficiente în stabilizarea interfețelor apă-ulei. Nanoparticulele pseudoamfifile prezintă activitate interfacială excepțională și sunt utilizate ca stabilizatori în emulsiile Pickering. Aceste emulsii reprezintă o platformă fezabilă pentru generarea de materiale avansate, utilizabile în aplicații precum încapsularea, eliberarea controlată sau remedierea mediului. Pe baza acestor platforme au fost dezvoltate emulsii Pickering responsabile la stimuli externi. De exemplu, comportamentul pH-responsiv al JNP-urilor permite tranziții reversibile de fază în emulsii Pickering, un pas important spre dezvoltarea materialelor „conștiente” de mediu.

O altă caracteristică importantă a JNP-urilor este arhitectura lor asimetrică, care permite modificarea chimică selectivă a unui singur lob. Astfel, am reușit să atașăm pe unul dintre lobi un polimer semiconductor, obținând un cuplu nano conductor–izolator. Prin ajustarea raportului de dimensiuni între lobul semiconductor și cel izolator se pot obține serii de nanoparticule Janus cu conductivități electrice variabile. Această proprietate este valoroasă în aplicații de tip electronică organică, unde JNP-urile pot fi utilizate ca pigmenți pentru cerneluri conductoare cu conductivitate reglabilă, fără a modifica compoziția chimică. Această ajustare morfologică, în locul unei modificări chimice, are implicații semnificative în proiectarea dispozitivelor electronice avansate, în realizarea de diode, circuite imprimate, umpluturi organice și senzori adaptivi.

Teza subliniază, de asemenea, dezvoltarea Pickering Emulsion Polymerization Technology (PEmPTech), o metodă de sinteză verde, pe bază de apă, care permite obținerea de microsferice polimerice cu suprafețe nanostructurate. Microsferele obținute prin PEmPTech prezintă o monostrat de nanoparticule auto-asamblate capturate pe suprafață în timpul procesului de polimerizare. Această metodă este extrem de versatilă, permițând reglarea compoziției chimice, dimensiunii, morfologiei și porozității microsferelor.

Am utilizat PEmPTech pentru sinteza unor materiale adsorbante pentru ioni metalici. Mai multe



serii omoloage au fost proiectate specific pentru adsorbția metalelor grele și a poluanților organici din medii apoase. Integrarea nanoparticulelor de silice pseudoamfifile în aceste microsferă a condus la materiale cu chimie de suprafață personalizabilă și capacitate bună de adsorbție. Un aspect important analizat în teză este modul în care nanostructurarea și funcționalizarea de suprafață influențează proprietățile globale ale acestor materiale. De exemplu, microsferăle PEmPTech prezintă o umezibilitate crescută datorită stratului auto-asamblat de nanoparticule de silice, ceea ce îmbunătățește semnificativ dispersia acestora în soluții apoase și în precursori hidrogelici, facilitând utilizarea lor în matrici complexe.

Microsferăle PEmPTech au fost, de asemenea, încorporate în matrici de hidrogel, formând compozite HPM (Hydrogel Polymer Microspheres) cu proprietăți unice, inclusiv capacitatea de a pluti la suprafața apei. Această caracteristică oferă o alternativă eficientă energetic la metodele clasice de pompare a apei, oferind o soluție scalabilă și ecologică pentru tratarea apelor uzate și mineritul hidrologic. Astfel de materiale pot fi utilizate în remedierea mediului, fiind lansate ca adsorbanti flotanți pentru captarea ionilor metalici grei în lacuri, râuri sau efluenți industriali. Teza oferă și analize comparative care arată modul în care morfologia și compoziția acestor compozite influențează eficiența adsorbției, oferind direcții pentru optimizarea designului materialelor pentru aplicații specifice.

O aplicație suplimentară a HPM-urilor este potențialul lor de a funcționa ca afișaje flexibile, ce pot fi scrise și șterse cu ajutorul unui stilou-electrod sau al unui stilou ce conține o cerneală cu agent reducător. Teza explorează și potențialul acestor materiale ca senzori fluorescenți pentru detecția ionilor CN^- . De asemenea, sunt investigate proprietățile electromecanice ale compozitelor HPM care conțin nanoparticule Janus semiconductoare sau polimeri semiconductori, cu potențial de utilizare ca „piele robotică”. În același timp, este explorată capacitatea lor de a funcționa ca senzori de umiditate, cu aplicații în dezvoltarea senzorilor specifici pentru detecția gazelor.

În concluzie, această teză prezintă un studiu cuprinzător asupra nanoparticulelor amfifile și pseudoamfifile, de la sinteză până la aplicațiile lor în domenii de interes tehnologic și ecologic. Cercetarea evidențiază potențialul acestor materiale în dezvoltarea unor soluții durabile pentru purificarea apei, îndepărtarea eficientă energetic a poluanților și dezvoltarea de sisteme electronice avansate și adaptative. Valorificând proprietățile unice ale nanoparticulelor Janus și pseudoamfifile, această lucrare deschide noi direcții în știința materialelor, adresând provocări globale stringente și pregătind terenul pentru inovații viitoare.

