

Jauna metode nanokompozītu materiālu fizikālo parametru spektrālā sadalījuma noteikšanai

Projekts Nr. 2011/0001/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/007/

6. etapa pētnieciskā darba rezultāti
01.01. 2013 – 30.04. 2013

ANOTĀCIJA

Projekta sestajā etapā turpināti rūpnieciskie pētījumi aktivitātēs 1.1., 1.2. un 1.3, izmantojot iepriekšējos etapos izveidotās mēriekārtas koloīdu magnetizācijas, termiski ierosināto struktūru un termiskās separācijas procesu dinamikas pētījumiem. Vienlaikus tiek veikti eksperimentālie pētījumi aktivitātēs 2.1 un 2.2, galveno vērību pievēršot koloīdu paraugu elektronmikroskopisko datu spektrālanalīzei, kas turpmāk kalpos magnetogranulometriskās analīzes rezultātu izvērtēšanai. Sestajā etapā iegūti sekojoši rezultāti:

1. Publicēti 2 raksti SCI žurnālā [1, 2], kā arī akceptēti publicēšanai 3 raksti [3, 4, 5] (tajos apkopoti 10. Starptautiskajā Termodifūzijas konferencē Briselē un 13. Starptautiskajā Magnētisko šķidrumu konferencē New-Delhi ziņotie rezultāti), **(aktivitātes 3.1. un 3.2.)**
2. Modificēta iepriekšējos etapos izveidotā termoforētiskās separācijas pētījumu mēriekārta, piemērojot to nodaļņu separācijas un osmotisko parādību pētījumiem neizotermiskā ar ferokoloīdu piesātinātā porainā slānī. Radīta iespēja vienlaikus ar nanodaļņu separācijas dinamikas mērījumiem veikt tiešus osmotiskā un termoosmotiskā spiediena un to izsaukto plūsmu mērījumus. Noskaidrots, ka no separācijas procesa dinamikas mērījumiem novērtētie nanodaļņu difūzijas un Soret koeficienti aptuveni sakrīt ar tiem, kas iegūti no termisko struktūru difraktētā signāla relaksācijas datiem. Novērota būtiska osmotiskā spiediena, termoosmotiskās plūsmas ātruma un nanodaļņu separācijas atkarība no magnētiskā lauka, ja tas orientēts perpendikulāri porainajam slānim. Osmotisko parādību mērījumu rezultāti aptuveni sakrīt ar teorētiski prognozētajiem, turpretī termoforētiskās separācijas intensitātes samazināšanās magnētiskā lauka iespaidā ir ievērojami lielāka par to, ko paredz homogēnām nanodispersijām atbilstošas teorētiskās sakarības. Izvirzīts pieņēmums, ka šo anormālo magnētiskā lauka ietekmi izraisa reversā termoosmoze un tās izmaiņas termomagnētiskā spiediena ietekmē. Nepieciešami turpmāki detalizēti pētījumi šīs hipotēzes apstiprināšanai. Osmotisko un separācijas procesu dinamikas mērījumi var tikt izmantoti koloīdu nanodaļņu vidējo izmēru novērtēšanai, taču sīkāku informāciju par izmēru

sadalījuma funkcijas parametriem šādā ceļā iegūt grūti. Nepieciešams sīkāk aprobežēt teorētiskos priekšstatus un nodrošināt precīzākus termiskās separācijas un, it sevišķi, difūzijas procesu eksperimentālos mērījumus [3, 6, 9]. (**aktivitāte 1.3**).

3. Tiek pētīta mikrokonvekcija magnētiskās nanodispersijās, ko izraisa fotoabsorpcijas un termodifūzijas radītās nanodaļiņu koncentrācijas mikrostrukturās („thermal grating”). Ar periodiskām koncentrācijas struktūrām laterāli saistītās mikrocirkulācijas spontāna rašanās tiek analizēta, izmantojot vairākmodu Lorenca modeli gadījumā, kad ārējais magnētiskais lauks orientēts paralēli koncentrācijas gradientam. Magnētiskais lauks izraisa masas pārnese intensifikāciju un ar to saistītu efektīvā difūzijas koeficienta pieaugumu. Iniciēto konvektīvo plūsmu formēšanās nojauc nanodaļiņu struktūru translācijas simetriju, kas nozīmē, ka nestabilitātes attīstībai nepieciešams pārvarēt kritisko sliekšni [4, 7, 10]. Magnētiskā šķērslauka, ja tas vērsts perpendikulāri slāņa virsmai, izsuktā konvekcija ir daudz intensīvāka par konvekciju garenlaukā [14]. Veiktie teorētiskie pētījumi izskaidro eksperimentāli novēroto koncentrācijas struktūru deformāciju magnētiskajā laukā līdz pat to izzušanai spēcīgākos laukos. Iegūtie rezultāti ņemami vērā, izmantojot termisko nanodaļiņu struktūru dinamikas mērījumus nanokoloīdu granulometriskā sastāva noteikšanai (**aktivitāte 1.3**).
4. Veikti pētījumi par polidispersu magnētisko koloīdu gravitācijas sedimentāciju. Eksperimentos izmantoti magnētiskie koloīdi ar nanodaļiņu izmēru log-normālu sadalījumu. Ilgstošu eksperimentu laikā (līdz pat 100 dienām) mērīta daļiņu koncentrācijas dinamika, izmantojot izveidojušos sedimentu magnetizācijas (vibrācijas magnetometrs VSM) un gaismas dinamiskās izkliedes (DLS) mērījumus. Iegūtie rezultāti analizēti, izmantojot savstarpēji sadarbojošos polidispersu nanodaļiņu ansambļa sedimentācijas Batchelora modeli. Noskaidrots, ka pielietotais modelis apraksta eksperimentālos rezultātus daudz precīzāk nekā parastais nesadarbojošos nanodaļiņu ansambļa Stoksa modelis. Atzīmēts, ka turpmākos pētījumos būtu vēlams modificēt Batchelora sedimentācijas modeli, lai aprakstītu ferokoloīdu nanodaļiņu kolektīvās sedimentācijas procesus. Tam nolūkam nepieciešams pieņemt e-potenciāla barjeras distanci vienādu ar virsmas aktīvo vielu molekulu garumu, kā arī van-der Waalsa spēkus papildināt vai pat aizvietot ar magnētiskās dipolu sadarbības spēkiem. [5, 8, 11]. Lai uzkrātu datus par magnētiskā lauka ietekmi, veikti papildus eksperimenti, mērot kombinēta gravitācijas un nehomogēna magnētiskā lauka ietekmi uz polidispersu ferokoloīdu sedimentācijas dinamiku [12, 15]. Iegūtiem rezultātiem būtiska nozīme polidispersu ferokoloīdu dispersā sastāva noteikšanai no nanodaļiņu sedimentācijas dinamikas mērījumiem (**aktivitātes 1.3. un 2.2**).
5. Uzsākti jauni pētījumi par magnētisko nanokoloīdu termoforētisko separāciju porainā vidē. Izveidota cilindriska separācijas šūna. Apmēram 1 mm biezu porainās vides slāni temperatūras gradienta virzienā veido 10 filtrpapīra loksnes, kuras tiek iespiestas starp termostatējamām eksperimentālās šūnas sānu sienām. Tādējādi tiek radīta iespēja veikt termoforēzes izsuktā nanodaļiņu koncentrācijas profila mērījumus stacionārā režīmā, magnētisko mērījumu ceļā nosakot ferokoloīdu nanodaļiņu koncentrāciju katrā filtrējošā slānītī eksperimenta beigās.

Iegūti pirmie rezultāti, kas liecina, ka efektīvais nanodaļiņu Soret koeficients porainā vidē ir mazāks nekā homogēna ferošķidrums slāņa gadījumā. Magnētiskais šķērslauks, tāpat kā iepriekšējos eksperimentos, izsauc Soret koeficienta samazināšanos, kas ievērojami spēcīgāka par to ko paredz teorētiskie aprēķini homogēnam ferokoloīda slānītim [13, 16]. Iegūtie rezultāti dod papildus liecību par to, ka temoforētisko pārnesei porainās vidēs būtiski ietekmē termoosmotiskie procesi. (**aktivitāte 1.3**).

6. Tiek veikti intensīvi pētījumi **aktivitātēs 1.2, 2.1, 2.2 un 4.1**. Rezultāti tiks atspoguļoti projekta nākošā 7. pārskata perioda progresa atskaitē.

Pielikumi

1. E. Blums, V. Šints, G. Kronkalns, A. Mežulis, Non-isothermal separation of ferrofluid particles through grids: abnormal magnetic Soret effect, *Comptes Rendus Mecanique*, **341** (2013), 348 – 355.
2. D. Zablotsky, A. Mežulis, E. Blums, Formation of magnetoconvection by photoabsorptive methods in ferrofluid layers, *Comptes Rendus Mecanique*, **341** (2013), 449 - 454
3. E. Blums, New Problems of Mass Transport in Magnetic Fluids, PL-4, in: *13th International Conference on Magnetic Fluids, 7th – 11th January 2013, Abstract Book*, p. 8.
4. D. Zablotsky, E. Blums, Formation, Evaluation and Stability of Photoabsorptive Microstructures in Ferrofluid Layers, in: *13th International Conference on Magnetic Fluids, 7th – 11th January 2013, Abstract Book*, p. 460 – 461.
5. A. Mežulis, E. Blums, M. Maiorov, A. Lickrastina, Sedimentation of Interacting Nanoparticles, in: *13th International Conference on Magnetic Fluids, 7th – 11th January 2013, Abstract Book*, p. 336 – 337..
6. E. Blums, New Problems of Mass Transport in Magnetic Fluids, *13th International Conference on Magnetic Fluids, 7th – 11th January 2013, Presentation*
7. D. Zablotsky, E. Blums, Formation, evolution and stability of photoabsorptive microstructures in ferrofluid layers, *13th International Conference on Magnetic Fluids, New Delhi, 7-11 January, 2013, poster*
8. A. Mežulis, E. Blums, M. Maiorov, A. Lickrastina, Sedimentation of Interacting Nanoparticles, *13th International Conference on Magnetic Fluids, New Delhi, 7-11 January, 2013, Poster*
9. E. Blums, New problems of mass transport in magnetic fluids, *13th International Conference on Magnetic Fluids, New Delhi, 7-11 January, 2013, Proceedings in Magnetohydrodynamics, manuscript 6 pages, submitted and accepted for publication*

10. [D. Zablotzky, E. Blums, Formation, evolution and stability of photoabsorptive microstructures in ferrofluid layers, *13th International Conference on Magnetic Fluids*, New Delhi, 7-11 January, 2013, Proceedings in „Magnetohydrodynamics”, manuscript 4 pages, submitted and accepted for publication
11. A.Mezulis, E. Blums, M. Maiorov, A. Lickrastina, Sedimentation of Interacting Nanoparticles, *13th International Conference on Magnetic Fluids*, New Delhi, 7-11 January, 2013, Proceedings in „Magnetohydrodynamics”, manuscript 4 pages, submitted and accepted for publication
12. A.Mezulis, E. Blums, M. Maiorov, Application of sedimentation experiments with suspended nanoparticles, *International Conference Functional Materials and Nanotechnologies FM&NT-2013, Tartu, Estonia*, April, 21 – 24, 2013, Abstract, 1 p.
13. V. Sints, E. Blums, M. Maiorov, G. Kronkalns, Nanoparticle transfer under magnetic field in a nonisothermal porous layer saturated with a ferrofluid, *International Conference Functional Materials and Nanotechnologies FM&NT-2013, Tartu, Estonia*, April, 21 – 24, 2013, Abstract, 1 p.
14. D. Zablotzky, A. Mezulis, Numerical investigation of arrays of concentration microstructures in dispersions of magnetic nanoparticles, *International Conference Functional Materials and Nanotechnologies FM&NT-2013, Tartu, Estonia*, April, 21 – 24, 2013, Abstract, 1 p.
15. A.Mezulis, E. Blums, M. Maiorov, Application of sedimentation experiments with suspended nanoparticles, *International Conference Functional Materials and Nanotechnologies FM&NT-2013, Tartu, Estonia*, April, 21 – 24, 2013, Poster
16. V. Sints, E. Blums, M. Maiorov, G. Kronkalns, Nanoparticle transfer under magnetic field in a nonisothermal porous layer saturated with a ferrofluid, *International Conference Functional Materials and Nanotechnologies FM&NT-2013, Tartu, Estonia*, April, 21 – 24, 2013, Poster
17. D. Zablotzky, A. Mezulis, Numerical investigation of arrays of concentration microstructures in dispersions of magnetic nanoparticles, *International Conference Functional Materials and Nanotechnologies FM&NT-2013, Tartu, Estonia*, April, 21 – 24, 2013, Poster