

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА,  
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

**ФЕЕ :: 2017**

**МАТЕРІАЛИ  
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 17–21 квітня 2017 року)



Суми  
Сумський державний університет  
2017

## Вплив колективних ефектів на контрольоване нагрівання феррорідини змінним магнітним полем

Рева В.В., аспірант; Лютий Т.В., доцент  
Сумський державний університет, м. Суми

Магнітні рідини це колоїдні системи, що поєднують у собі властивості рідини та ферромагнетика. Такі особливості породжують великий спектр можливих застосувань, який простягається від медичної (магнітно-резонансна томографія, цільова доставка лікарських засобів, магнітна гіпертермія, біосенсори та інше [1]) до авіакосмічної сфери. Для магнітної гіпертермії, в якій магнітна енергія зовнішнього поля трансформується в теплову і нагріває уражені тканини, важливо контролювати процес нагрівання. Ключовою в цьому відношенні є роль відгуку кожної частинки в рідині на змінне магнітне поле. На зазначений відгук суттєво впливає температура та взаємодія між частинками.

Дослідження засновані на моделі з жорстким диполем [2]. Нами моделюється ансамбль однакових сферичних наночастинок підвішених у рідині. Обертальна динаміка частинок описується ефективним рівнянням Ланжевена [3], що враховує взаємодію з зовнішніми полями (з урахуванням дипольне) та термостатом. Компонента взаємодії, що залежить від покриття наночастинок, що наноситься для попередження їх агрегації, апроксимується потенціалом Ленарда-Джонса. Чисельний розв'язок стохастичних рівнянь руху наночастинок здійснювалося за допомогою паралельних розрахунків з використанням технології CUDA та алгоритму Барнса-Хата, що значно зменшує час симуляції такої великої системи (4192 частинки).

Природно, що максимальне поглинання енергії від зовнішнього поля спостерігається для однієї частинки в чисто динамічному наближенні, коли тепловими флуктуаціями нехтують. Температурний вплив та взаємодія частинок зменшує величину поглинутої енергії. Проте в залежності від параметрів, ці фактори можуть як підсилювати один одного, так і компенсувати. Аналіз результатів проведених симуляцій дозволяє давати рекомендації щодо підбору оптимальних значень параметрів для отримання максимальної швидкості нагрівання.

1. Q. A. Pankhurst, et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.* **36** (13) R167 (2003).
2. Yu.L. Raikher and M.I. Shliomis, *Adv. Chem. Phys.* **87**, 595 (1994).
3. T.V. Lyuty, et al., *Phys. Rev. E* **92**, 042312(8) (2015).