

## ОБРАЗОВАНИЕ КЛАСТЕРОВ АКТИВНО ДВИЖУЩИМИСЯ ЧАСТИЦАМИ АСИММЕТРИЧНОЙ ФОРМЫ

Молодцова А.А. (ИТМО), Бузаков М.К. (ИТМО), Бурмистров О.И. (ИТМО),  
Дмитриев А.А. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Олехно Н.А.  
(ИТМО)

**Введение.** Большие скопления частиц, преобразующих свои внутренние энергетические ресурсы в направленное механическое движение, образуют класс систем, обозначаемых как активная материя (active matter). Благодаря неравновесной природе таких систем, в них наблюдается широкий спектр интересных явлений, включая самоорганизацию [1] и фазовые переходы, возникающие как в биологической [2], так и в искусственной активной материи [3], и применяющиеся для структурирования объектов на микроуровне и при выполнении коллективных функций скоплением частиц [4]. Основной целью данной работы является исследование того, как макроскопические параметры окружающей среды и микроскопические свойства частиц влияют на самоорганизацию в активной материи.

**Основная часть.** В экспериментах изучено образование мицелл, каждая из которых состоит из восьми соприкасающихся роботов каплевидной формы, ориентированных острыми концами в центр кластера. Рассмотрено формирование мицелл в двух типах скоплений роботов. Первый тип скоплений состоит из киральных роботов, движущихся по круговым траекториям внутри круглого барьера. Второй тип — скопления прямолинейно движущихся роботов, помещенных в параболический потенциал. Параметры системы, такие, как количество роботов, положение центра масс робота, скорость и трение между боковыми поверхностями роботов, изменялись для изучения их влияния на мицеллизацию. Эксперименты показали, что мицеллизация наблюдается при смещенном к носу робота центре масс и её эффективность зависит от трения между боковыми поверхностями роботов.

Также, для изучения, как микроскопические параметры системы, такие, как трение и положение центра масс робота, влияют на мицеллизацию, был проведен набор экспериментов по столкновению двух роботов при двух значениях трения между роботами (высоком и низком), при углах столкновения 10, 30 и 60 градусов и при прицельных параметрах 0, 1, 2 и 3 см. Показано, что при смещении центра масс ближе к центру робота кластер из двух частиц становится менее устойчивым. Для теоретического рассмотрения использована упрощенная модель, в которой один робот представляет собой равнобедренный треугольник, соприкасающийся с поверхностью в трех точках, расположенных в вершинах треугольника. Для учета положения центра масс предполагается, что вся масса частицы также расположена в трех точках в вершинах треугольника.

**Выводы.** Таким образом, экспериментально исследовано мицеллообразование в скоплении асимметричных движущихся роботов. Исследована зависимость эффективности такого перехода от параметров системы. Проведен экспериментальный и теоретический анализ столкновения двух асимметричных частиц для выявления влияния микроскопических параметров системы на кластеризацию.

### Список использованных источников:

1. Trivedi M., Saxena D., Ng W.K., Sapienza R., Volpe G. Self-organized lasers from reconfigurable colloidal assemblies // Nat. Phys. – 2022. – 18. – 939–944.
2. Vicsek, T., Zafeiris, A. Collective motion // Physics Reports – 2012. – 517. – 71–140.

3. Villa K., Pumbera M. Fuel-free light-driven micro/nanomachines: artificial active matter mimicking nature // *Chem. Soc. Rev.* – 2019. – 48. – 4966–4978.
4. Gardi G., Ceron S., Wang W., Petersen K., Sitti M. Microrobot collectives with reconfigurable morphologies, behaviors, and functions // *Nat. Commun.* – 2022. – 13. – 2239.