

УДК 535.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОПТИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНЫХ ЧАСТИЦ В ОПТИЧЕСКОЙ ЛОВУШКЕ

Глухарёв Д.А. (Университет ИТМО), Грубова С.С. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д. ф.-м. н., профессор Рождественский Ю.В.
(Университет ИТМО)

Введение. Оптическая локализация однородных частиц (материал которых может иметь показатель преломления как выше, так и ниже среды, в которой находятся частицы) хорошо изучена и является одним из практически применяемых методов работы с микро- и нанообъектами, в том числе биологическими, вплоть до манипуляции объектами *in vivo* [1-3]. Что касается исследования динамики оптически неоднородных частиц, в последние годы она активно исследуется как теоретически, так и экспериментально, в приложении к различным структурам оптической неоднородности локализуемых частиц [4,5]. В то же время динамика частиц структуры «ядро-оболочка» с различным соотношением показателей преломления остаётся исследована лишь теоретически [6]. Наиболее интересными представляется случай $n_2 > n_1 > n_3$ (где n_1 – показатель преломления среды, в которой находится частица, а n_2 и n_3 – показатели преломления оболочки и ядра частицы соответственно), так как поведение таких в поле оптической ловушки качественно отличается от поведения однородных частиц с высокими показателями преломления.

Основная часть. В данной работе освещается экспериментальное исследование динамики оптически неоднородных частиц с соотношением показателей преломления $n_2 > n_1 > n_3$ в поле оптической ловушки. Для исследования динамики частиц была создана free-space установка для оптической локализации частиц в жидкой среде; в качестве образца для локализации и исследования были использованы сферические частицы боросиликатного стекла ($n = 1.5$) со сферической же воздушной ($n = 1$) полостью в центре, помещённые в водную среду ($n = 1.33$). Было экспериментально продемонстрировано, что характер динамики таких частиц отличается от динамики оптически однородных частиц с высокими показателями преломления: в то время как однородные частицы втягиваются в область наибольшей интенсивности в фокусе лазерного излучения, неоднородные частицы, напротив, выталкиваются из области наибольшей интенсивности. Таким образом, характер движения таких частиц на качественном уровне оказывается близок к динамике однородных частиц с низкими показателями преломления (например, пузырькам воздуха в водной среде), но в то же время отличается от них на количественном уровне иным распределением сил светового давления.

Выводы. В работе представлены результаты экспериментального исследования динамики оптически неоднородных частиц с соотношением показателей преломления $n_2 > n_1 > n_3$, и продемонстрированы существенные особенности динамики таких частиц, отличающие их от оптически однородных. В перспективе полученные результаты могут существенно расширить область применения оптических ловушек в биомедицинских приложениях – например, за счёт сочетания оптических методов локализации микрообъектов с методиками капиллярного хранения биологических объектов за счёт возможности захватывать полые микрообъекты.

Список использованных источников:

1. Ashkin A. Optical trapping and manipulation of neutral particles using lasers //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1997. – V. 94. – №. 10. – P. 4853-4860.
2. Volpe G., Singh G. P., Petrov D. Dynamics of a growing cell in an optical trap //Applied Physics Letters. – 2006. – V. 88. – №. 23.
3. Favre-Bulle I. A. et al. Optical trapping in vivo: theory, practice, and applications //Nanophotonics. – 2019. – V. 8. – №. 6. – P. 1023-1040.
4. Gao X. et al. Simulation and experiment of the trapping trajectory for Janus particles in linearly polarized optical traps //Micromachines. – 2022. – V. 13. – №. 4. – C. 608.
5. Gong L. et al. Optical forces of focused femtosecond laser pulses on nonlinear optical Rayleigh particles //Photonics Research. – 2018. – V. 6. – №. 2. – P. 138-143.
6. Artser I. R., Rozhdestvenskii Y. V. Light Pressure on an Inhomogeneous Spherical Particle in the Field of Laser Tweezers //Journal of Experimental and Theoretical Physics. – 2019. – V. 129. – P. 792-805.