

عنوان مقاله:

رامین شیری

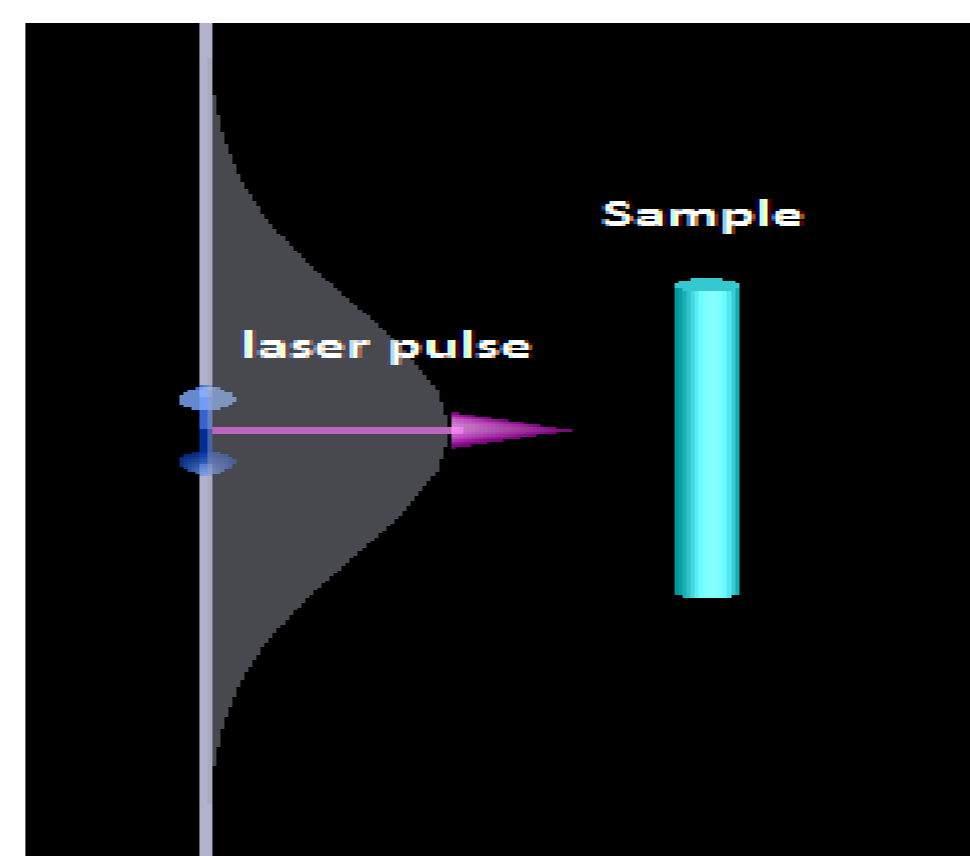
پژوهشکده فوتونیک و فناوریهای کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، تهران، ایران
EMAIL: rshiri@aeoi.org.ir

مواد و روش ها

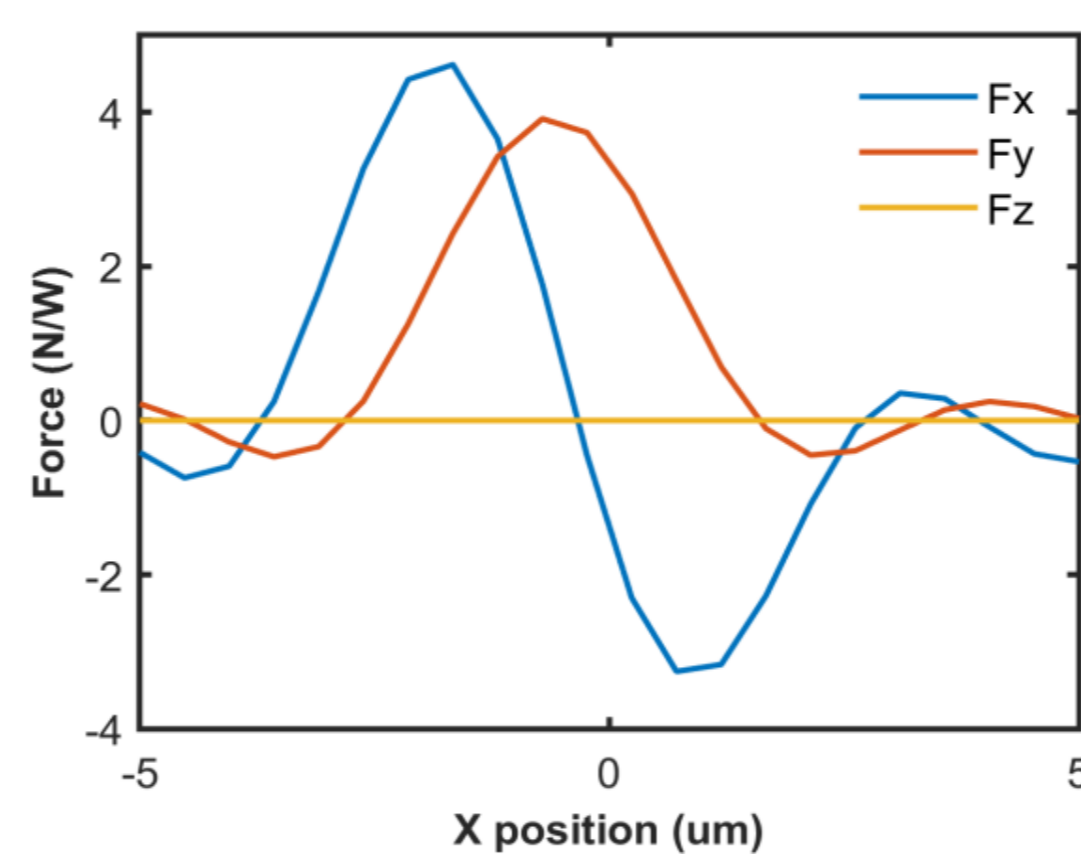
در این مقاله، برهمکنش یک ذره کروی از جنس سیلیکا به شعاع $r=4 \mu\text{m}$ و ضریب شکست $n=1.5$ با پالس نوری به طول موج مرکزی $\lambda=1 \mu\text{m}$ (فرکانس $f=300 \text{ THz}$) و پهنای پالس $\tau=6 \text{ fs}$ با الگوی شدت گوسی در محیط هوا مورد شبیه سازی قرار گرفته است. برای تحلیل سیستم و رسم نمودارها از نرم افزار کاربردی لومریکال استفاده شده است. برای اجتناب از تداخل امواج برگشتی از مرزها و ایجاد نویز در محاسبات، از تکنیک لایه های کاملاً جور شده (PML) استفاده شده است.

یافته ها

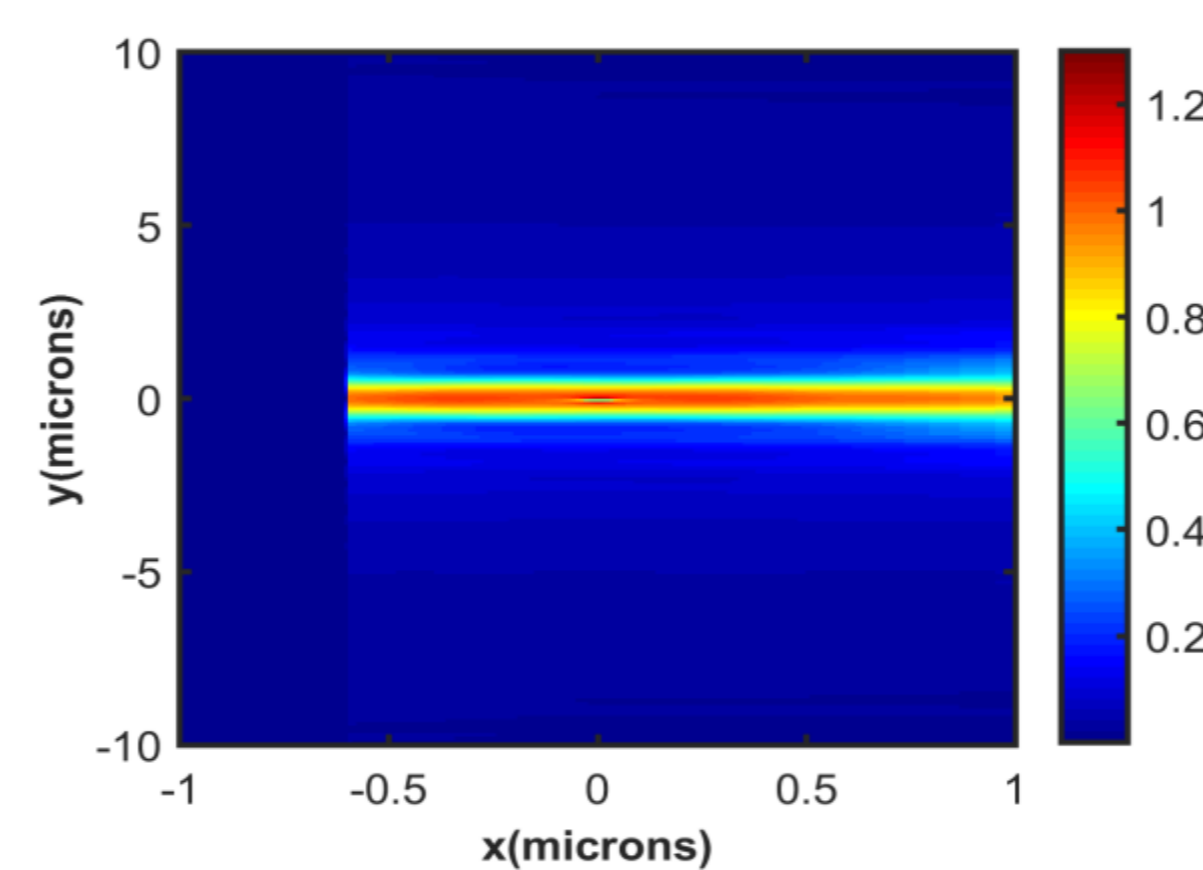
نتایج حاصل از شبیه سازی در شکلهای زیر نشان داده شده است.



شکل ۱. چیدمان آزمایش انبرک نوری



شکل ۲. تغییرات نیروی اعمال شده بر ذره بر حسب موقعیت مکانی



شکل ۳. توزیع میدان الکتریکی در اطراف جسم هدف

چکیده

انبرکهای نوری امکان دستکاری فیزیکی ساختارها و بافتهای بیولوژیکی را به روشی غیر تهاجمی فقط با استفاده از نور فراهم می کند. این قطعات ابزاری بسیار انعطاف پذیر بوده و می تواند طیف وسیعی از اجسام و مجموعه های با شکل پیچیده را به دام انداخته و آن را جابجا و یا تحت چرخش قرار دهد. در این تحقیق با استفاده از یک لیزر مادون قرمز با طول موج مرکزی ۱ میکرومتر و پهنای پالس ۶ فمتوثانیه، نحوه در دام انداختن ذره ای کروی به شعاع ۴ میکرومتر در اثر نیروهای وارد شده از طرف میدان نوری مورد شبیه سازی قرار داده شده است. نتایج نشان داد که با انحراف موقعیت مکانی ذره از نقطه کانونی شدگی پرتو لیزر، نیروهایی بازگرداننده بر آن اعمال شده و ذره را به سمت موقعیت اولیه باز می گرداند.

مقدمه

در دهه گذشته، انبرک های نوری (OT) به طور فزاینده ای در علوم اعصاب برای مطالعات مولکولها و دینامیک عصبی و همچنین مطالعه ارگانوسمهای مدل به عنوان یک کل مورد استفاده قرار گرفته اند [۱]. دلیل اصلی این امر آن است که OT امکان دستکاری فیزیکی ساختارها و محیط های بیولوژیکی را به روشی غیرتهاجمی فقط با استفاده از نور فراهم می کند. OT یک ابزار نوری بسیار انعطاف پذیر است که می تواند طیف وسیعی از اجسام و مجموعه های با شکل پیچیده را به دام انداخته و آن را جابجا و یا تحت کشیدگی و چرخش قرار دهد [۲-۳]. پیشرفت های اخیر در OT، و همچنین پیشرفت های موازی در تصویربرداری و اپتیک، قابلیت های OT را به طور قابل توجهی گسترش داده است. نورونها معمولاً دارای ابعادی بین ۱۰ تا ۳۰ میکرومتر، دکمه های سیناپس دارای قطر چند میکرون، و گیرنده های غشایی اندازه حدود ۵ نانومتر دارند. در این مقیاس ها، OT یک ابزار ایده آل هم برای دستکاری مستقیم نورونها کامل [۴-۵] و هم برای بررسی غیرمستقیم سیناپس ها و گیرنده ها با استفاده از ذرات کمکی [۶] یا پلاسمونیک ها می باشند [۷].

بحث و نتیجه گیری

با بکارگیری لیزر مادون قرمز با طول موج مرکزی ۱ میکرومتر و پهنای ۶ fs، نحوه در دام انداختن ذره استوانه ای به شعاع ۴ میکرون توسط میدان نوری مورد شبیه سازی قرار داده شد. نتایج نشان داد که با تغییر موقعیت مکانی ذره از نقطه کانونی پرتو لیزر، نیروهایی بازگرداننده از طرف میدان نوری بر آن اعمال شده و ذره را به سمت موقعیت اولیه باز می گرداند. این سیستم میتواند بعنوان یک ابزار ایده آل هم برای کنترل مستقیم نورونها [۴-۵] و همچنین برای بررسی غیرمستقیم سیناپس ها و گیرنده های بدن انسان با استفاده از ذرات کمکی [۶] یا پلاسمونیک ها بکار گرفته شود.

مراجع

- [1] Ashkin, A., and Dziedzic, J. (1987). Optical trapping and manipulation of viruses and bacteria. *Science* 235, 1517-1520.
- [2] Ashkin, Arthur. "Atomic-beam deflection by resonance-radiation pressure." *Physical Review Letters* 25.19 (1970): 1321.
- [3] Ashkin, Arthur, et al. "Observation of a single-beam gradient force optical trap for dielectric particles." *Optics letters* 11.5 (1986): 288-290.
- [4] Townes-Anderson, E., Jules, R. S. S., et al., (1998). Micromanipulation of retinal neurons using optical tweezers. *Mol. Vis.* 4:12.
- [5] Pine, J., and Chow, G. (2009). Moving live dissociated neurons with an optical tweezer. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 56, 1184-1188.
- [6] Rodriguez, J. A. A. (2019). Measuring mechanical properties of touch receptor neurons using optical tweezers (Master's thesis). Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica.
- [7] Miyachi, K., Tawa, K., Kudoh, S. N., Taguchi, T., and Hosokawa, C. (2016). Surface plasmon-enhanced optical trapping of quantum-dot-conjugated surface molecules on neurons cultured on a plasmonic chip. *Jpn. J. Appl. Phys.* 55:06GN04.
- [8] Keir, C. N., and M. B. Steven. "Optical trapping." *Review of scientific instruments* 75.9 (2004): 2787-2809.
- [9] Almaas, Eivind, and Iver Brevik. "Radiation forces on a micrometer-sized sphere in an evanescent field." *JOSA B* 12.12 (1995): 2429-2438.
- [10] Barton, J. P., D. R. Alexander, and S. A. Schaub. "Internal and near-surface electromagnetic fields for a spherical particle irradiated by a focused laser beam." *Journal of Applied Physics* 64.4 (1988): 1632-1639.
- [11] Zemánek, Pavel, Alexandr Jonáš, and Miroslav Liška. "Simplified description of optical forces acting on a nanoparticle in the Gaussian standing wave." *JOSA A* 19.5 (2002): 1025-1034.
- [12] Ren, K. F., G. Greha, and G. Gouesbet. "Radiation pressure forces exerted on a particle arbitrarily located in a Gaussian beam by using the generalized Lorenz-Mie theory, and associated resonance effects." *Optics communications* 108.4-6 (1994): 343-354.
- [13] Gittes, Frederick, and Christoph F. Schmidt. "Interference model for back-focal-plane displacement detection in optical tweezers." *Optics letters* 23.1 (1998): 7-9.