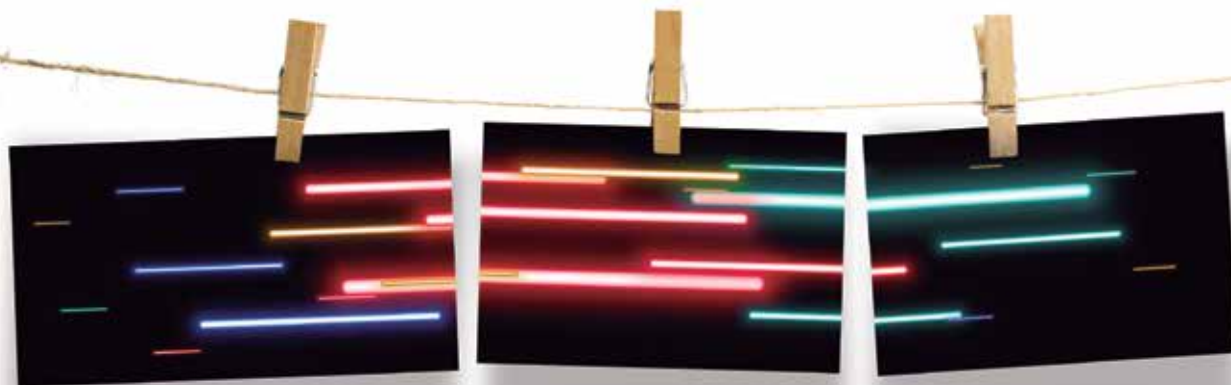




Pinzas ópticas

Por Philip Jones



Entre las muchas tecnologías y aplicaciones que han sido desarrolladas como resultado del láser, una de las más notables es la que ahora conocemos como pinzas ópticas: un haz de luz láser angostamente enfocado y capaz de sujetar objetos microscópicos.

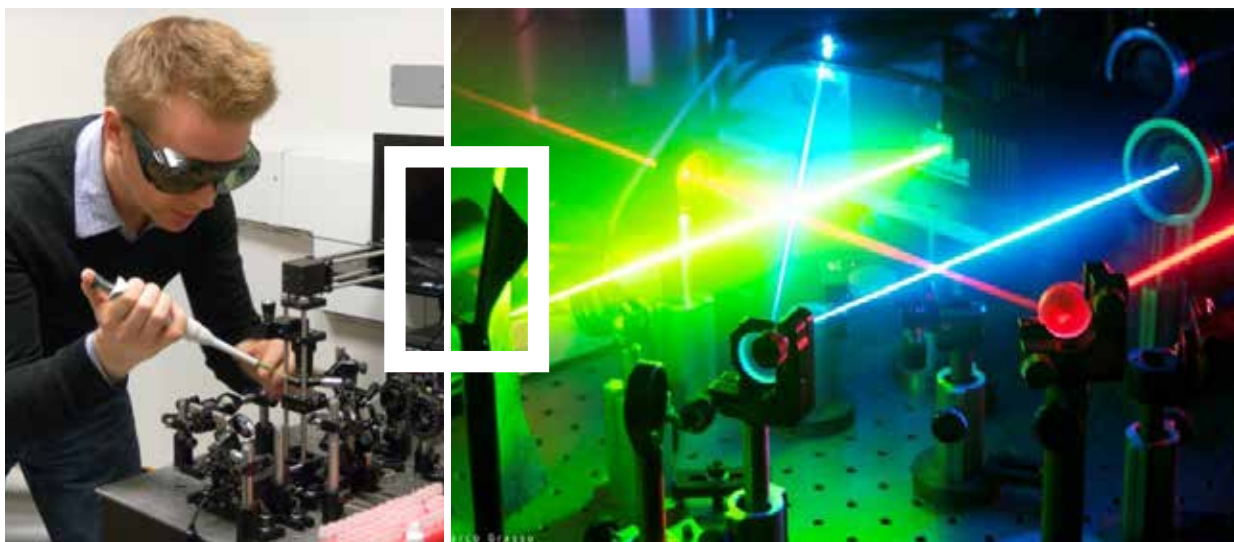
Es importante entender que la capacidad de la luz para ejercer una fuerza sobre la materia se conoce desde 1619, cuando, en su trabajo *De Cometis*, el astrónomo Johannes Kepler sugirió que la luz solar era la responsable de empujar las pequeñas partículas de polvo que rodean a un cometa, y con las que crea su famosa cola. En la Tierra, sin embargo, los efectos de la presión de la luz fueron considerados muy pequeños para resultar importantes, hasta que la invención del láser proveyó una fuente de luz suficientemente intensa para afectar el movimiento de objetos microscópicos.

Los primeros experimentos fueron realizados por Arthur Ashkin (1970), quien hizo pasar un haz láser a través de una muestra de partículas esféricas y transparentes suspendidas en agua y observó que eran jaladas hacia el centro del haz, donde la intensidad era la más alta, y también eran empujadas a lo largo de la dirección de propagación del láser. El científico explicó este comportamiento como el resultado de dos fuerzas: la gradiente (llamada así porque tiene su origen en el gradiente de intensidad a través del haz), que jala las partículas hacia el rayo, y la de dispersión, que las empuja a lo largo. Gracias a ello mostró que las partículas podrían ser sujetadas por dos haces láser opuestos que proveían fuerzas impulsoras idénticas, pero contrarias, o también hacerla levitar con un láser propagándose hacia arriba.

En 1986, Ashkin y sus colegas informaron lo que hoy conocemos como las pinzas ópticas. En estas pinzas una partícula es atrapada en tres

dimensiones mediante un único haz. Esto se logra enfocando intensamente el haz, con la lente del objetivo de un microscopio, creando un gradiente a lo largo de la dirección de propagación del haz que jala a la partícula hacia el foco, incluso la propia lente ayuda a observar la partícula atrapada. La contribución de Arthur Ashkin fue reconocida en el 2018 cuando, a sus 96 años, recibió el Premio Nobel en Física y con ello se convirtió en el laureado de mayor edad hasta ese momento.

Las pinzas ópticas se convirtieron de inmediato en una herramienta valiosa en muchas disciplinas, como la biología molecular y celular, la ciencia de la materia suave y los coloides, la física estadística, la física cuántica y atómica. Con esta adición, el modelado complejo de los haces láser, la espectroscopia, la medición de alta velocidad y alta resolución de la posición de un objeto atrapado, las pinzas




Philip Jones en su laboratorio de pinzas ópticas del University College London

Foto: Marco Grassio

ópticas se han convertido, además de una herramienta para tomar y mover pequeños objetos, en un instrumento de alta precisión capaz de medir fuerzas de adhesión molecular del orden de los piconewtons,¹ o los pasos nanométricos de una proteína motriz a lo largo de un filamento de actina (Jones, 2015). Usando las pinzas ópticas, los científicos han hecho avances notables, como realizar el depósito controlado de nanomateriales sobre una superficie, observar fluctuaciones en las leyes de la termodinámica a escalas microscópicas y estudiar el comportamiento colectivo de la materia coloidal activa (Polimeno, 2018).

Otras aplicaciones de las fuerzas ópticas que han sido desarrolladas desde entonces incluyen los láseres sujetadores (arreglos de muchas partículas en un único haz láser), los

ES IMPORTANTE ENTENDER QUE LA CAPACIDAD DE LA LUZ PARA EJERCER UNA FUERZA SOBRE LA MATERIA SE CONOCE DESDE 1619

“tractores” (jalado continuo de una partícula hacia la fuente láser) y la manipulación de micropartículas con otros campos (pinzas acústicas, magnéticas y optoelectrónicas) (Jones, 2015). Aprovechar las pinzas ópticas de esta manera ha llevado a novedosos descubrimientos emocionantes. Con nuevas aplicaciones siendo exploradas constantemente, las fuerzas ópticas seguramente arrojarán más luz sobre el mundo microscópico. 

Referencias

- Ashkin, Arthur (1970). “Acceleration and trapping of particles by radiation pressure”, en *Physical Review Letters*, vol. 24, pp.156-159.
- Ashkin, Arthur *et al.* (1986). “Observation of a single-beam gradient force optical trap for dielectric particles”, en *Optics Letters*, vol. 11, pp. 288-290.
- Jones, Philip H., Onofrio M. Maragò y Giovanni Volpe. (2015). *Optical Tweezers. Principles and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Polimeno, Paolo *et al.* (2018). “Optical tweezers and their applications”, en *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, vol. 218, pp. 131-150.



Philip Jones estudió en la Universidad de Cambridge, el Imperial College London y la Universidad de Oxford. Actualmente es profesor de física en el University College London, donde dirige el Grupo de Pinzas Ópticas que se dedica a las aplicaciones de los métodos de atrapamiento óptico en materia suave y biológica, y en sistemas nanométricos. Es coautor del libro de texto *Optical Tweezers: Principles & Applications*.

¹ Un piconewton es una billonésima parte de un Newton, la unidad de fuerza del Sistema Internacional de Unidades.