



Atrapamiento con láser

Por William D. Phillips y Luis A. Orozco



Foto: Eric Rosas

Cuando pensamos en atrapar un objeto pequeño de inmediato se nos vienen a la mente unas pinzas para sujetarlo; en el contexto de la física, la luz también puede llevar a cabo esta función. Muchos de nosotros hemos jugado con imanes y sabemos que pueden ejercer una fuerza sobre un material que originalmente no está magnetizado. Si cerca de un imán hay objetos de hierro o acero, como alfileres o clips para papel, esas piezas se magnetizan temporalmente y son atraídas.

Sostener o atrapar un objeto transparente con luz es similar al imán y al hierro. Una pequeña cuenta de vidrio transparente, por ejemplo, está hecha de cargas positivas y negativas submicroscópicas: protones y electrones. El campo eléctrico de la luz láser separa estas cargas ligeramente, empujando las positivas hacia un lado y las negativas hacia el opuesto, produciendo así un dipolo eléctrico inducido de la misma forma que el campo de un imán magnetiza al clip para papel. En este caso, tanto el campo eléctrico como el dipolo inducido oscilan a la frecuencia de la luz, pero mientras esta no sea demasiado alta, ambos estarán alineados, similar al campo magnético y la magnetización con el clip; entonces, el objeto transparente es atraído al lugar donde la luz es más intensa.

Esta atracción es conocida como fuerza de dipolo óptico, aunque también existe la presión de radiación, responsable de que las colas de los cometas apunten alejándose del Sol. Ambas fuerzas son manifestaciones del hecho de que la luz transporta impulso que puede transferir entre ella y la materia. Por tanto, la presión de radiación también se puede utilizar para atrapar objetos y átomos (Ashkin, 1986).

Para construir trampas ópticas que funcionen como pinzas basta enfocar un rayo láser hasta que su radio sea comparable a la longitud de onda de la luz, entonces la intensidad del láser será mayor en el foco y disminuirá en todas las direcciones lejos del punto focal (Ashkin, 1970). La pequeña cuenta de vidrio irá al lugar de máxima intensidad, donde la energía de los dipolos inducidos que interactúan con el rayo láser tiene una energía mínima, y quedará atrapada. Esto ha encontrado aplicaciones en biología, por ejemplo, una célula aislada puede ser atrapada y manipulada con un

rayo láser enfocado.¹ Las “cuentas transparentes” unidas a los lados de biomoléculas como el ADN permiten que se atrapen, y moviendo una de las trampas se estiren para medir sus propiedades de elongación.

El mismo principio se aplica a los átomos. También es posible atrapar átomos o nubes de átomos en el foco de un haz láser intenso. Recientemente el equipo de Quantum Optics-Atoms, liderado por Antoine Browaeys en el Institut d'Optique, en Palaiseau, Francia, mostró la fluorescencia de átomos individuales atrapados en una matriz tridimensional con la forma de una Torre Eiffel de dimensiones comparables al diámetro de un cabello (Barredo, 2018); sin embargo, para atrapar un material o átomo arbitrario es importante seleccionar el láser adecuado.

Como mencionamos, la frecuencia del láser no debe ser demasiado alta: es necesario saber dónde están las resonancias ópticas del material y mantener la frecuencia del láser más abajo que la de las resonancias. De esta forma el dipolo inducido en el material o el átomo estará en la misma dirección que el campo eléctrico de la luz, y la interacción entre el objeto y la luz atrapar al objeto en el foco. 

¹ Por desarrollar pinzas ópticas y su aplicación a sistemas biológicos, Arthur Ashkin recibió parte del Premio Nobel de Física en el 2018.

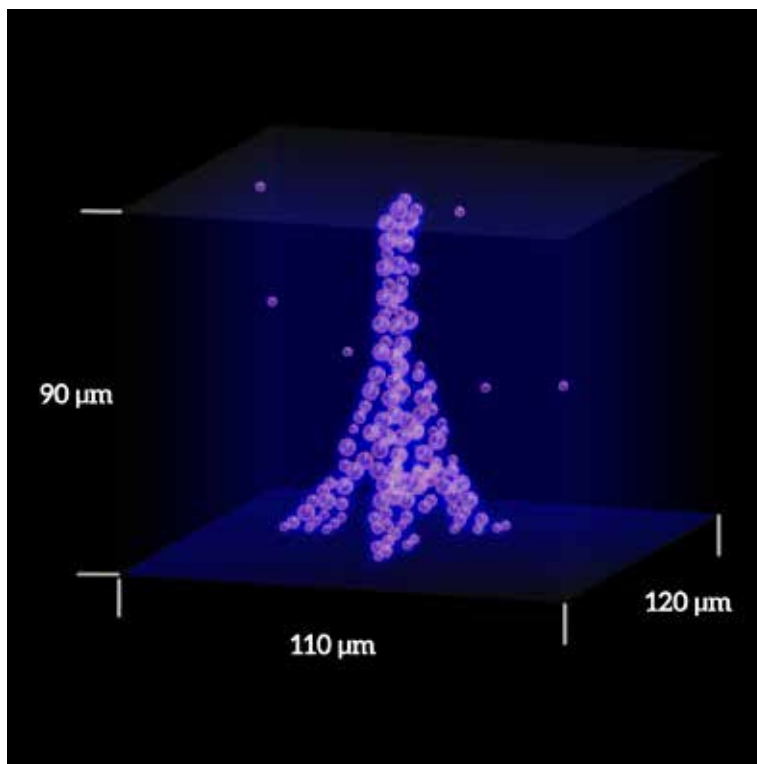


Foto: Cortesía del Institut d'Optique (Antoine Browaeys), <https://atom-tweezers-io.org/>

Referencias

- Ashkin, A. (1970). "Acceleration and trapping of particles by radiation pressure", en *Physical Review Letters*, vol. 24, pp.156-159.
- Ashkin, A., et al. (1986). "Observation of a single-beam gradient force optical trap for dielectric particles", en *Optics Letters*, vol. 11, pp. 288-290.
- Barredo, D. et al. (2018). "Synthetic three-dimensional atomic structures assembled atom by atom", en *Nature*, vol. 561, pp. 79-82.



William D. Phillips es profesor distinguido en el Joint Quantum Institute de la Universidad de Maryland y el National Institute of Standards and Technology, Estados Unidos. Es miembro correspondiente de la Academia Mexicana de Ciencias y laureado con el Premio Nobel de Física de 1997 por el desarrollo de métodos para enfriar y atrapar objetos con luz láser.



Luis A. Orozco es profesor en el Joint Quantum Institute de la Universidad de Maryland y el National Institute of Standards and Technology de los Estados Unidos. Es miembro correspondiente de la Academia Mexicana de Ciencias.