

Coordinador: Roberto Arturo Gutiérrez Alcalá robargu@hotmail.com



INSTRUMENTAL DE PUNTA La doctora Karen Volke, junto con una colaboradora, en el Laboratorio de Pinzas Ópticas del Instituto de Física de la UNAM

Como en una película de ciencia-ficción, hoy es posible mover objetos a distancia. Gracias a la física se ha logrado utilizar la luz para capturar materia y transportarla a una escala microscópica, e incluso para cortar tejido vivo.

Aunque desde hace casi un siglo se sabía que existía una fuerza en la radiación, no fue hasta 1970 cuando se llevaron a cabo algunos experimentos que les permitieron a los físicos empezar a comprender este aspecto de la interacción de la luz con la materia.

"La luz siempre ejerce presión sobre la materia, es decir, le transmite momento (capacidad de modificar el estado de movimiento de un objeto en un proceso de interacción, lo cual implica un cambio de dirección y/o de rapidez). Ahora bien, la presión de la radiación de la luz del Sol es imperceptible para la sensibilidad humana; no la sentimos porque es aproximadamente 100 mil millones de veces menor que la presión atmosférica", dice Karen Volke, investigadora a cargo del Laboratorio de Pinzas Ópticas, del Instituto de Física.

Asimismo, si la luz incide sobre una bola de billar, ésta no se moverá debido a que la fuerza que ejerce la luz es muy pequeña y no logra vencer la inercia de la bola (recordemos que la presión es la fuerza por unidad de área). Pero si un haz de rayo láser ejerce presión sobre una esfera de látex de unas cuantas micras de diámetro, entonces esa presión es suficiente para empujarla e incluso alterar su curso.

"La luz puede mover la materia debido a que sus fotones (o paquetes de luz) llevan momento, explica Volke. Por lo tanto, cuando un átomo emite o absorbe energía, su momento cambia. De modo parecido, cuando una micropartícula hace que un haz de luz cambie su dirección de propagación como resultado de la refracción o de la reflexión, éste también ejercerá una fuerza sobre ella."

Al analizar el efecto del haz de rayo láser sobre una pequeñísima esfera de látex, se observó que, además de empujar a la partícula a lo largo de su dirección de propagación, ésta era atraída a la parte central de la sección transversal del haz, donde su intensidad es mayor. Es decir, las variaciones locales en la intensidad de la luz pueden producir una especie de "presión negativa" que, en lugar de empujar una partícula, sea capaz de atraparla en los puntos de máxima intensidad.

Descubrimiento fortuito

Desde los primeros años del siglo XX se intentó medir la presión de la radiación (capacidad de la luz para ejercer presión en la materia), pero para ello se necesitaban instrumentos extremadamente sensibles y fuentes de luz que la tecnología de la época todavía no podía construir.

En 1970, años después del desarrollo del rayo láser (fuente de luz que concentra mucha energía en un área muy pequeña), el físico estadounidense Arthur Ashkin, quien pensaba que con él se podría medir la presión de la radiación en objetos diminutos, descubrió fortuitamente la capacidad de la luz para atrapar materia.

Trabajó con objetos muy ligeros, tales como esferas de látex de una a cinco micras de diámetro (el diámetro de un cabello humano mide entre 50 y 100 micras), en los que se pudiera percibir el efecto de la radiación.

Ashkin esperaba empujar las esferas de látex con el haz de rayo láser, y, en efecto, las empujó, pero lo que no esperaba ver fue que, además, eran atraídas hacia el centro, hacia el eje de aquél.

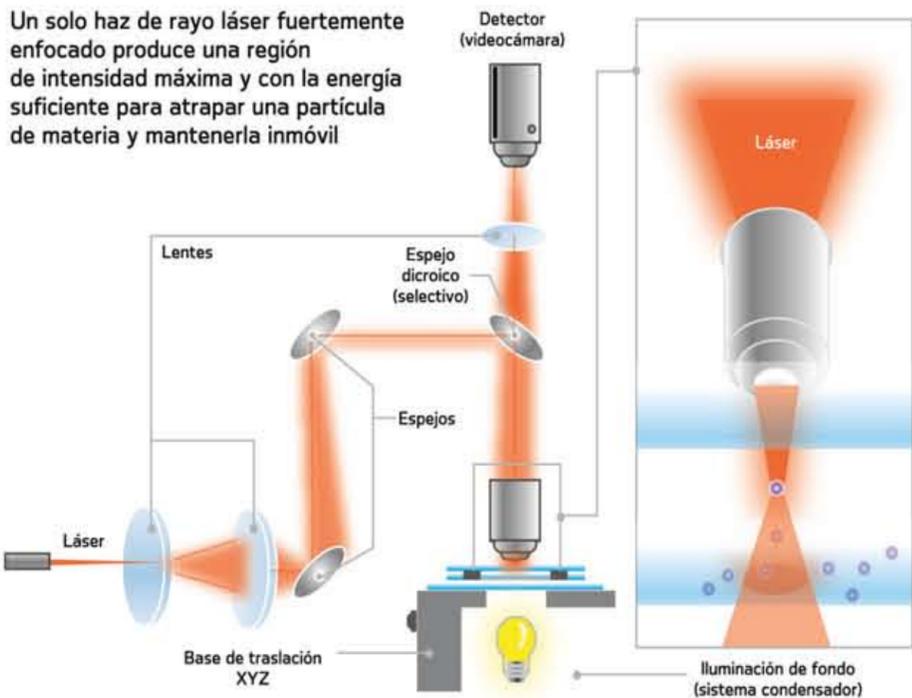
Poco tiempo después realizó un experimento. Con dos haces de rayo láser, uno por un lado y otro por el lado contrario, capturó una esfera de látex en un punto donde se equilibraba la presión de los dos: así fue como se logró, por primera vez, atrapar una partícula únicamente con luz.

BUSCAN PERFECCIONAR PINZAS ÓPTICAS

Este instrumento de vanguardia permite hacer microcirugías en células y hasta colocar un espermatozoide en un óvulo, entre otras cosas

ASÍ FUNCIONAN

Un solo haz de rayo láser fuertemente enfocado produce una región de intensidad máxima y con la energía suficiente para atrapar una partícula de materia y mantenerla inmóvil



Las pinzas ópticas están conformadas por un solo haz de rayo láser fuertemente enfocado que produce una región de intensidad máxima y con la energía suficiente para atrapar una partícula de materia y mantenerla inmóvil, justamente en el punto donde la luz se enfoca. Fueron desarrolladas en 1986 por Ashkin y sus colaboradores de los Laboratorios Bell. Desde ese año se han desarrollado otros inventos como las tijeras ópticas y los bisturíes láser que, junto con aquéllas, podrían convertirse en las principales herramientas de la biotecnología y la nanotecnología.

Nuevas técnicas

"En ese entonces, las aplicaciones de las pinzas ópticas eran muy limitadas. Solamente las utilizaban los físicos para entender nuevos aspectos de la interacción de la luz con la materia", afirma Volke.

Los físicos pronto se dieron cuenta de que había muchas cosas del tamaño de las esferas de látex y vidrio que atrapaban entonces y que median desde fracciones de micra hasta algunas pocas decenas de micras: células, bacterias, algunos virus... De esa manera, en 1987 decidieron aprovecharse de las pinzas ópticas para atrapar una bacteria.

Durante la operación, sin embargo, vieron

que la bacteria era atraída hacia el punto focal del haz de rayo láser y que moría de inmediato porque utilizaban luz verde, que daña la materia biológica debido a su gran absorción. Por ello cambiaron ésta por luz infrarroja y así atraparon la bacteria sin matarla (en la actualidad, las empresas fabricantes de pinzas y tijeras ópticas usan luz infrarroja para no dañar el tejido vivo).

"Con la ayuda de un microscopio óptico, agrega Volke, este instrumento permite hacer microdisecciones y microcirugías en células u organelos celulares, y retirar células no deseadas; y, en inseminación asistida, colocar un espermatozoide en un óvulo."

Hoy en día, gracias a la incorporación de diversos tipos de haces de luz, se cuenta con múltiples técnicas de manipulación óptica muy avanzadas. "En nuestro laboratorio buscamos desarrollar otras nuevas, así como perfeccionar las que ya existen, mediante la incorporación de otro tipo de tecnologías que permiten redistribuir la luz y así formar esquemas de regiones brillantes y oscuras, en las que se pueden atrapar simultáneamente muchas partículas, o rotarlas o separarlas, de acuerdo con su tamaño o forma", finaliza la investigadora. (Leonardo Huerta Mendoza).



Las aplicaciones de las pinzas ópticas son cada día más numerosas y abarcan áreas multidisciplinarias; de ahí la importancia de impulsar su empleo en el país"

Karen Volke
Investigadora de la UNAM



REFRACCIÓN La luz cambia su dirección de propagación al entrar en un medio diferente

Interacción

Para explicar cómo interacciona la luz con la materia, Karen Volke dice: "Si hacemos que un haz de luz pase a través de un vaso de agua donde hay un lápiz, nos parecerá que el lápiz se quebró, pero lo que en realidad sucedió fue que el haz de luz se refractó, es decir, cambió su dirección de propagación al entrar en un medio diferente, en este caso del aire al agua, la cual es más densa que aquél... Uno esperaría también que la materia se hubiera modificado, de alguna forma, por el cambio de dirección del haz de luz... Y sí: la luz puede alterar el movimiento de las cosas, pero esto sólo se puede percibir en el caso de objetos sumamente pequeños."

Hacia la parte más intensa

Al atravesar una esfera de látex de unas cuantas micras de diámetro, el haz de rayo láser cambia de dirección. Si aquélla produce un efecto sobre éste, éste produce también un efecto sobre aquélla: la esfera de látex tiende a irse hacia la parte más intensa de la luz.

"La distribución de la intensidad del haz de rayo láser tiene la forma de una campana en la que la parte más intensa está en el centro. Por esta razón, y como consecuencia de su interacción con la luz, la esfera de látex migra hacia esa parte", apunta Volke.