

Discurso de aceptación

21 de septiembre de 2021

A. Paul Alivisatos, galardonado en la categoría de Ciencias Básicas (XIII edición)

Esta es una ocasión para reconocer el desarrollo de un nuevo bloque de construcción fundamental para la química y la ciencia de materiales: los nanocristales. Son las estructuras periódicas o regulares de átomos de un solo patrón más pequeñas posibles, y pueden contener desde un centenar hasta cientos de miles de átomos. Tienen más o menos el tamaño de macromoléculas que conocemos, como las proteínas naturales y los polímeros artificiales; y, al igual que éstas, son las agrupaciones más pequeñas de átomos que presentan fenómenos colectivos. Al igual que las proteínas y los polímeros, los nanocristales, materiales muy bellos, son objeto de fascinación y estudio, pero también presentan una enorme variedad de propiedades físicas y químicas que se pueden utilizar en tecnologías beneficiosas para la humanidad, como nuevas técnicas de diagnóstico por imagen y muestras biológicas y nuevos materiales para las energías renovables. En esta intervención ofreceré una breve introducción a los nanocristales, cómo se fabrican, por qué sus propiedades son tan interesantes y por qué serán objeto de estudio y uso en el futuro.

Una imagen cualitativa de las muchas propiedades de los nanocristales se ve observando las “leyes de escala”; de sus propiedades básicas, como la fusión. Un cristal se mantiene unido por los enlaces entre todos los átomos; sin embargo, cuando es muy pequeño, una gran fracción de sus átomos se encuentran en la superficie, y de ahí que haya menos enlaces que lo mantienen unido. Por esta razón, los nanocristales se funden a temperaturas más bajas que los cristales macroscópicos ordinarios. La reducción de la temperatura de fusión es aproximadamente proporcional a la relación entre superficie y volumen, o inversamente proporcional al radio del nanocristal, y esa relación es un ejemplo de ley de escala. Hace unas décadas, documentamos que para el nanocristal de 5 nanómetros de diámetro del semiconductor típico de las células solares o diodos emisores de luz, la temperatura de fusión es más o menos la mitad de la temperatura de fusión normal de los cristales grandes, por lo que el efecto es grande e importante.

Hallamos un segundo ejemplo importante de la diferencia entre los nanocristales y sus homólogos de mayor tamaño considerando las impurezas en los sólidos. Como sin duda saben, los diamantes más grandes son más caros que los más pequeños. En realidad, el precio de un diamante de la misma calidad pero el doble de volumen es cuatro veces mayor. Esto se debe a que los diamantes grandes de alta calidad son más raros que los pequeños: cuanto más grandes, más tiempo ha de someterse a altas temperaturas

21 de septiembre de 2021

para eliminar cualquier impureza. Y aquí ocurre algo muy especial en la nanoescala: cuando los cristales son minúsculos, las posibilidades de hacer uno perfecto mejoran enormemente. Esto lo pudimos documentar con una serie de estudios en la década de 1990.

De hecho, al combinar la menor temperatura de fusión con la propensión a descartar impurezas, la comunidad científica demostró que es posible fabricar nanocristales electrónicos de altísima calidad con métodos muy sencillos, semejantes a los empleados para fabricar productos químicos a granel. Esto es muy importante, porque necesitamos grandes cantidades de materiales de alto rendimiento para los sistemas de energía renovable futuros.

Hay otra ley de escala que quiero comentar, se denomina de tamaño cuántico. Tuve ocasión de estudiar esta ley junto a mi mentor postdoctoral Louis Brus a finales de la década de 1980. Tal vez puedan evocar mentalmente la imagen de un objeto de exposición típico de museo de ciencias: un gran embudo con una canica que recorre su borde dando vueltas y cuanto más desciende la canica por el embudo, más aumenta su velocidad. Un fenómeno parecido lo vemos en un diminuto cristal semiconductor. Cuando un electrón que contribuye a unir los átomos del cristal recibe energía adicional de alguna fuente externa, empieza a moverse dando vueltas dentro del nanocristal. Cuanto más pequeño es el nanocristal, más rápido es su movimiento; al final, el electrón excitado perderá su exceso de energía emitiendo luz. Cuanto más pequeño sea el cristal, más energía tendrá esa luz, o más azul será su color. Esto ilustra los efectos del tamaño en el cristal. En la práctica, significa que fabricando nanocristales de semiconductores extremadamente uniformes y de gran calidad, podemos crear diminutos emisores de luz del color que queramos; y esas partículas emisoras de luz tienen innumerables usos.

El primer uso práctico de los nanocristales semiconductores, los puntos cuánticos, surgió a finales de los años 90, cuando, junto con otros investigadores, los utilizamos por primera vez como sondas biológicas para visualizar células y tejidos. Hoy en día su uso está muy extendido en la investigación biomédica; por ejemplo, los patólogos suelen teñir tejidos de biopsia utilizando puntos cuánticos para clasificar los tumores como benignos o malignos y obtener información adicional. Una segunda aplicación habitual es la de los televisores fabricados con tecnología de puntos cuánticos, que reproducen una gama de colores mucho más completa y consumen mucha menos energía que los otros.

Los principios para entender y controlar los nanocristales que he descrito son muy generales y abren la puerta a muchas oportunidades futuras, incluso a algunas que hoy parecen exóticas, pero que pueden llegar a utilizarse algún día. Hay dos que me entusiasman especialmente. Una es crear motores que empleen la luz, similares a los motores accionados por expansión y contracción de gases, pero en los que la luz, que se mueve en todas las direcciones, se canaliza en una sola dirección. Para lograrlo se requiere desarrollar puntos cuánticos de nanocristal que tengan una eficiencia extraordinaria convirtiendo la luz



21 de septiembre de 2021

solar en un solo color de menor energía; y también desarrollar, por separado, espejos altamente eficientes que funcionen sólo en esa longitud de onda. Para ello, el diseño y la construcción de los nanocristales requerirán una precisión a escala atómica y tendremos que aprender a fabricar objetos a nanoescala con la misma precisión con que la naturaleza fabrica proteínas.

Un reto igual de grandioso tiene mucho que ver con el bello trabajo de Michael Graetzel: la conversión de la luz solar en combustibles. La naturaleza lo logra con un exquisito conjunto de membranas, proteínas y moléculas. Los nanocientíficos estamos emulando a la naturaleza con los nanocristales y las moléculas de fabricación humana, y un paso clave es transferir la carga de un nanocristal excitado a una molécula enlazada para desencadenar una serie de acontecimientos. La posibilidad de hacer esto con más eficiencia que la naturaleza es muy real, y es una vía para abordar los retos del cambio climático. En este viaje común, conviene considerar que el éxito de nuestro esfuerzo para superar los mayores retos a escala global puede depender mucho de nuestra capacidad para imaginar y controlar objetos tan diminutos como los nanocristales.