



Corrales cuánticos

Elísabet Chorro Calderón

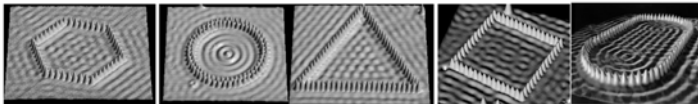
RESUMEN

En este trabajo se hace una breve recapitulación de las líneas de investigación desarrolladas en torno al fenómeno conocido como "corral cuántico", que básicamente es una barrera de átomos correctamente alineados sobre una superficie lisa a escala atómica. Dicha barrera puede adoptar la forma que queramos, pero para ciertas estructuras se pueden observar fenómenos de interferencia con el STM. Si además colocamos una impureza en un foco de un corral cuántico elíptico se observa el fenómeno de espejismo cuántico, muy importante por la relevancia que puede alcanzar a nivel industrial. Las interferencias dentro del corral coinciden con los autoestados del electrón confinado en un pozo, pese a ello, este modelo no explica otros resultados experimentales, como el espejismo cuántico o las interferencias en corrales no cerrados.

DESARROLLO

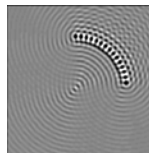
CORRALES CUÁNTICOS

Los corrales cuánticos son estructuras bidimensionales construidas átomo por átomo sobre una superficie aproximadamente plana a escala atómica. Para manipular los átomos se usa un microscopio de efecto túnel (STM). Se pueden construir infinidad de corrales, pero los más estudiados son los mostrados a continuación:



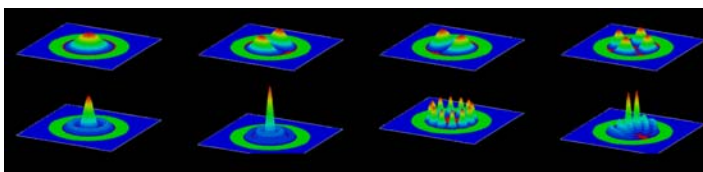
Una vez los corrales han sido construidos, el STM puede ser usado para estudiar estas estructuras de escala nanométrica. Los datos obtenidos del STM se usan para reproducir una imagen de la superficie, que muestra los patrones de ondas estacionarias producidas por los electrones coherentes que han quedado encerrados en el corral.

En principio el comportamiento cualitativo de los corrales cuánticos coincide con el comportamiento del electrón encerrado en una caja. Por ello las ondas de interferencia que se crean dentro del corral van determinadas por los estados estacionarios (autoestados) de una partícula mecánica cuántica confinada en una caja. Sin embargo también se observan otros patrones de interferencia con otras estructuras abiertas (un arco por ejemplo, como se muestra a la derecha) que no pueden ser explicadas mediante esta teoría.



La teoría de scattering predice los patrones de interferencia con más precisión e independientemente de si el corral es una estructura abierta o cerrada.

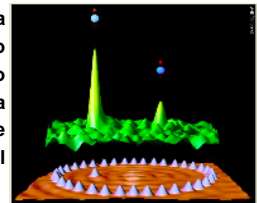
Por otra parte el STM puede usarse también para observar los estados de densidad local (LDOS) dentro del corral cuántico a diferentes energías, que como hemos dicho coinciden cualitativamente con los autoestados de un electrón encerrado en un pozo. Si vamos cambiando la energía del STM observaremos las diferentes resonancias, que se corresponderán a las mostradas a continuación:



ESPEJISMO CUÁNTICO

Una interesante variación de los corrales cuánticos son los espejismos cuánticos. Manoharan et al. (2000) construyeron un corral elíptico con átomos magnéticos de Co sobre Cu(111) e introdujeron una impureza (otro átomo de Co) en uno de los focos de la elipse. El resultado observado era que los átomos que formaban el corral hacían de resonador y el Cu, que es el sustrato sobre el que están situados hacía de medio de proyección. Cuando están colocados en la superficie, los átomos del Co exhiben una firma espectroscópica distintiva, conocida como la resonancia Kondo, que se produce debido al momento magnético de las partículas.

Colocando un átomo del Co en un foco de la elipse, detectamos la resonancia Kondo no sólo en el foco donde estaba situado el átomo, sino también en el foco vacío, como se ilustra en la figura de la derecha. La relevancia de este experimento es que se obtiene por primera vez el transporte de información a escala atómica.



CORRALES ÓPTICOS Y ACÚSTICOS

Otras variaciones recientes son los corrales cuánticos ópticos y acústicos. En los corrales ópticos los átomos son reemplazados por pósteres de constante dieléctrica diferente para confinar el campo eléctrico. En los corrales acústicos podemos definir los LDOS como función de impedancia acústica local, así un mapa de la impedancia acústica como función de la posición en una habitación debería mostrar exactamente el mismo tipo de oscilación que en los resultados obtenidos por el STM.

APLICACIONES

Aunque en la actualidad los corrales cuánticos no tienen aplicación relevante, son experimentos prometedores. Así por ejemplo, IBM está interesado en el efecto del espejismo cuántico, debido a que puede permitir a transferencia de datos dentro de los circuitos electrónicos que son demasiado pequeños para utilizar los alambres. Como sabemos el tamaño de los circuitos de los ordenadores disminuye cada vez más, (prediciéndose que alcanzarán dimensiones atómicas de acuerdo con la ley de Moore) y el comportamiento de los electrones cambia de ser descrito por la física clásica a ser descrito por la mecánica cuántica. En tales escalas los minúsculos alambres no conducen electrones tan bien como la teoría clásica predice. Y si los nanocircuitos logran alcanzar el funcionamiento deseado, necesitarán conectarlos sin recurrir a los alambres.

REFERENCIAS

- [1] M.F. Crommie, C.P. Lutz, D.M. Eigler & E.J. Heller. Quantum corrals. *Physica D* 83, 98-108 (1995)
- [2] G.A. Fiete. Theory of quantum corrals and quantum mirages. *Reviews of modern physics*, 75, 933-948 (2003)
- [3] H.C. Manoharan, C.P. Lutz & D.M. Eigler. Quantum mirages formed by coherent projection of electronic structure. *Nature*, 403, 512-515 (2000) www.nature.com
- [4] C. Chicanne, T. David, R. Quidant, J.C. Weeber, Y. Lacroute, E. Bourillot, & A. Dereux. Imaging the Local Density of States of Optical Corrals. *Physical Review Letters*, 88 (9), 097402 (2002)
- [5] "Quantum mirage" may enable atom-scale circuits. IBM Scientists Discover Nanotech Communication Method, (2000) <http://www.almaden.ibm.com/almaden/media/mirage.html>