

La física de superficies persigue diseñar nuevos materiales con propiedades sintonizables

Rodolfo Miranda Soriano es Catedrático del Departamento de Física de la Materia Condensada de la Universidad Autónoma de Madrid desde 1990, además de Director del Laboratorio de Superficies (LASUAM). Su trabajo en la actualidad se centra en la nanociencia y la nanotecnología.



Rodolfo Miranda Soriano

Rodolfo Miranda se dedica al estudio de la Física de Superficies de muy diversos materiales, con el objetivo de lograr nuevos compuestos con propiedades diseñadas y controladas a voluntad. Investiga por pasión y curiosidad, pero con la firme creencia de la relevancia social del investigador científico, que debe aportar aplicaciones que sean útiles al conjunto de la sociedad.

Isabel Gayol Menéndez

El actual Catedrático del Departamento de Física de la Materia Condensada lleva cerca de 35 años vinculado a la Facultad de Ciencias de la UAM. En ella comenzó sus estudios en Ciencias Físicas y se quedó fascinado para siempre por esta actividad. También realizó en esta Universidad su tesis doctoral sobre *“La influencia de los defectos en la reactividad de las superficies”*, dirigida por Juan Rojo, para más tarde irse un tiempo a Alemania a hacer el posdoctorado, donde fue focalizando cada vez más sus líneas de investigación.

El Departamento de Física de la Materia Condensada de la UAM fue fundado por D. Nicolás Cabrera, hijo de Blas Cabrera –un físico muy conocido y Presidente de la Real Sociedad de Física en España hasta que estalló la Guerra Civil. Su hijo, Nicolás, también físico de reconocido prestigio, regresó de Estados Unidos para fundar la división de Física de la U. Autónoma y particularmente el Departamento al que Rodolfo Miranda pertenece en la actualidad y en el que, afirma “me siento muy orgulloso de estar, intentando continuar esa tradición científica”.

El grupo que coordina el Prof. Miranda se centra especialmente en la física experimental. En el Laboratorio de Superficies se estudian las superficies de todo tipo de materiales. “Todos los objetos tienen superficies y, casi todas las acciones que tienen lugar en un sólido comienzan en dichas superficies, ya que en éstas se interactúa con el exterior. Hay multitud de ejemplos: un trozo de hierro en contacto con la atmósfera comienza a oxidarse desde la superficie hacia el interior; la energía solar se genera cuando la luz atraviesa la superficie del material que conforma el panel solar; las conexiones cerebrales comienzan en la superficie de las neuronas, etc.”, explica Rodolfo Miranda. Además, los defectos que existen en las superficies como grietas o átomos que están fuera de su lugar habitual, influyen en la rapidez con la que se producen muchas de las reacciones que experimentan los materiales. En ese sentido, el grupo que lidera Rodolfo Miranda ha hecho contribuciones muy

interesantes a la ciencia, que, además, han resistido el paso de los años.

En un principio, el Laboratorio de Superficies (LASUAM) se ocupaba de todo tipo de cuestiones relacionadas con las superficies, ya que no existían otros laboratorios similares y las superficies son relevantes para un gran número de problemas. Sin embargo, desde hace ya quince años, el LASUAM se ha centrado en nanociencia y nanotecnología. Se han especializado en el diseño y construcción de instrumentos que permitan ver los objetos a escala nanométrica, o sea, poder ver y manipular los átomos de la superficie de los objetos. En este sentido han desarrollado en España la microscopía de efecto túnel (STM) con resolución atómica en Ultra Alto Vacío. El trabajo del Prof. Rodolfo Miranda se ha centrado en el crecimiento de materiales artificiales nanoestructurados: películas monocristalinas, superredes de espesor nanométrico, hilos o puntos cuánticos, y en el estudio de sus propiedades en condiciones controladas de Ultra Alto Vacío. “Crecemos materiales artificiales a base de superponer capas muy finas (nanométricas) de distintos materiales, con lo que al producir variaciones en el espesor de las diferentes capas, así como en los materiales de los que están compuestas dichas capas, obtenemos diversas propiedades, que podemos controlar a nuestro antojo. Se consigue un material nuevo, que no es igual a ninguno de los iniciales y que, además, tiene a menudo propiedades diferentes. Jugamos a ser dioses, ya que consigues las propiedades que tú deseas y no las que nos impone la Naturaleza. Este tipo de materiales se denomina *superred o multicapa*”, explica el catedrático.

Ha continuado la herencia intelectual del Prof. N. Cabrera en lo referente al crecimiento cristalino sobre superficies, introduciendo nuevos métodos de crecimiento epitaxial y descubriendo los mecanismos microscópicos que los controlan, desarrollando, además, nuevos instrumentos que permitan visualizar estas nanoestructuras con resolución atómica y determinar sus propiedades electrónicas, catalíticas y magnéticas. Desde hace más de 20 años, cuando aplicó STM por primera vez al estudio de material biológico, ha dedicado su esfuerzo a introducir y desarrollar la Nanociencia y Nanotecnología en España, como un terreno en el que, de una manera natural, físicos, químicos, biólogos e ingenieros pueden colaborar genuinamente, al estar interesados en objetos muy similares.

Una de las técnicas utilizadas crea lo que se conoce como *Hilos Cuánticos*, que tendrán distintas propiedades, dependiendo de la distancia que los separe. Además, el material en forma de hilos cuánticos tiene diferentes propiedades de las del mismo material preparado como una masa volúmica. El grupo de investigación de LASUAM estudia las diferentes propiedades magnéticas, reactivas, electrónicas, etc. de esos hilos. “Estos hilos se consiguen a través de una técnica en la que, por ejemplo, se prepara una superficie con terrazas y escalones, de tal manera que la distancia entre esas terrazas sea la misma y cuya altura de escalón sea de una sola capa de átomos, con lo cual, al evaporar átomos de otro material sobre ella y jugar con la temperatura, consigues que esos átomos evaporados se acumulen en los escalones, formando hilos cuánticos. Se trata de hacer un poco de ingeniería a escala atómica aprovechando las interacciones que hacen que los átomos se coloquen en un lugar determinado de la estructura que previamente se ha preparado”, aclara el doctor en físicas, Rodolfo Miranda.

Por otro lado están los *Puntos Cuánticos*, estructuras nanométricas en forma de pequeños cristales compuestos de cientos de átomos, que de nuevo se pueden organizar sobre una determinada superficie, de una manera más o menos regular, para analizar las diferentes propiedades que poseen dependiendo de su tamaño. “Lo interesante de la nanociencia es que se ha descubierto hace relativamente poco tiempo que las propiedades de los materiales varían mucho en función de su tamaño. Por ejemplo, se llevan realizando joyas en oro desde hace miles de años porque se trata del material más inerte, ya que no se oxida ni reacciona, pero si coges un nanocristal que sólo contiene cien átomos de oro nos encontramos que es

extraordinariamente reactivo, mucho más que la mayoría de los materiales. Posteriormente estos descubrimientos tienen grandes aplicaciones prácticas”, aclara el Director del Laboratorio de Superficies.

Actualmente, Rodolfo Miranda se ocupa del crecimiento autoorganizado de nanoimanes, objetos moleculares y dispositivos cuánticos en superficies, de la exploración de los efectos de tamaño cuántico en nanoestructuras. En el laboratorio se trabaja también en el desarrollo instrumental de un Microscopio Túnel de Barrido polarizado en espín (Sp-STM) y un Microscopio de Fotoemisión que permitan visualizar nanoestructuras orgánicas e inorgánicas a baja temperatura y en ultra alto vacío.

“Ahora estamos realizando experimentos muy interesantes con la absorción de moléculas orgánicas grandes, incluso moléculas biológicas, como las bases del ADN o las estructuras a partir de las cuales se ensamblan los virus. Estudiando estas moléculas –depositadas en superficie – y sus propiedades, se puede llegar a multitud de aplicaciones. En colaboración con colegas químicos estudiamos materiales orgánicos para hacer células solares orgánicas o pantallas lumínicas de móviles, por ejemplo”. Hay mucha ciencia básica por descubrir, por ver cómo son esas moléculas, cómo se enganchan, cómo se organizan y reaccionan entre sí y ahora se cuenta con herramientas, como los microscopios de efecto túnel o las nuevas espectroscopias. Se trata de instrumentos que permiten manipular la materia a escala atómica y medir sus propiedades. “Todo esto se hace en condiciones de ultra alto vacío, similares a las del espacio exterior, pero controladas, de modo que en el sistema sólo hay las moléculas que tú quieres que haya. Además puedes disminuir la temperatura hasta que el movimiento molecular se congele, para poder así identificar los pasos de lo que está ocurriendo, porque a escala nanométrica y a temperatura ambiente, todo está en movimiento muy rápido. Normalmente buscamos objetos que tengan nuevas propiedades magnéticas, electrónicas, ópticas, reactivas o sistemas que permitan entender procesos extraordinariamente complicados. Ahora estamos intentando estudiar un sucedáneo de la hemoglobina, que es la molécula que transporta el oxígeno dentro del cuerpo humano. Para esto colaboramos con otro grupo de químicos que diseñan moléculas más sencillas que las reales, es decir, sistemas-modelo, pero que son capaces de reproducir la parte esencial del proceso, para intentar aprender lo que ocurre y luego descubrir qué aplicaciones útiles podría tener”, explica el Prof. Miranda.

Rodolfo Miranda ha publicado más de 160 artículos, que se han citado más de 4400 veces por otros autores. Ha impartido más de 40 conferencias invitadas en congresos internacionales. Es autor de 44 artículos citados más de 35 veces cada uno.

Para Rodolfo Miranda “no hay que perder nunca de vista que el resultado de nuestra investigación debe de ser, de alguna manera, útil para la sociedad. No se trata exclusivamente de satisfacer nuestra curiosidad, aunque ésta es nuestra motivación principal a la hora de investigar. Intentamos aprender la ciencia básica, con la idea de que si descubrimos algo, tal vez pueda tener alguna utilidad, por ejemplo, las superredes magnéticas se utilizan actualmente como dispositivo en las cabezas de lectura de los discos duros de los ordenadores. Se trata de una superred de cobalto y cobre cuyas propiedades las descubrimos en este laboratorio. Soy investigador para satisfacer mi curiosidad, pero yo creo en la responsabilidad social del científico, porque, a fin de cuentas, es la sociedad la que nos paga por investigar”

Proyectos realizados

La labor investigadora de Rodolfo Miranda y su equipo ha conseguido diversos resultados destacados a lo largo de su trayectoria científica, entre los que se encuentran los siguientes:

- 1- Desarrollo y Construcción del primer Microscopio Túnel de Barrido (STM) con resolución atómica en Ultra Alto Vacío en España (1988). El STM es el instrumento que "comenzó" la Nanociencia y la Nanotecnología al permitirnos "ver" y manipular átomos, moléculas y en general, la materia a la nanoescala.
- 2- Primera demostración del uso del Microscopio Túnel de Barrido (STM) para visualizar in-vivo material biológico con resolución sub-nanométrica (1985).
- 3- Fabricación de las primeras nanoestructuras magnéticas artificiales: Superredes epitaxiales de Cobalto y Cobre de espesor nanométrico, crecidas por Epitaxia de Haces Moleculares (MBE) (1989).
- 4- Descubrimiento del acoplamiento magnético oscilatorio en superredes de Co/Cu de espesor nanométrico (1989). Este efecto es la base de la Magnetorresistencia Gigante, fenómeno que se usa en la nueva generación de cabezas lectoras instaladas en los discos duros de los ordenadores actuales.
- 5- Descubrimiento de la oxidación superficial de semiconductores de espesor controlado y su mecanismo microscópico (1986-1987).
- 6- Descubrimiento de la disminución de la temperatura de Curie de las nanoestructuras magnéticas (1990). La temperatura de orden ferromagnético depende del tamaño: Un descubrimiento de importancia fundamental en nanomagnetismo que es citado con mucha frecuencia en el campo de las nanopartículas.
- 7- Avances en la comprensión del crecimiento epitaxial, la difusión atómica y las propiedades de nanoestructuras uni y bidimensionales (1995).
- 8- Descubrimiento del papel de los surfactantes en el crecimiento de superredes metálicas atómicamente planas de cualesquiera dos metales (1994). Identificación del mecanismo de acción de los surfactantes (1998). Los surfactantes se usan actualmente para posibilitar el crecimiento de multicapas y películas epitaxiales "perfectas" de espesor nanométrico de materiales metálicos y semiconductores.
- 9- Desarrollo de técnicas de espectroscopía electrónica resuelta espacialmente usando el Microscopio Túnel de Barrido-STM (1995). Esto ha permitido estudiar el confinamiento electrónico y la relación entre reactividad local y estructura electrónica en nanoestructuras.
- 10- Descubrimiento de "Alturas Mágicas" debidas a Efectos de Tamaño Cuántico en la estabilidad de nanoestructuras. El confinamiento electrónico en las nanoestructuras determina su estabilidad estructural y la aparición de ciertos tamaños "mágicos" como en núcleos atómicos o en "clusters".

FICHA TÉCNICA

Centro: Laboratorio de Superficies. Departamento de Física de la Materia Condensada. Facultad de Ciencias. UAM

Investigador: Rodolfo Miranda Soriano

Dirección: Campus de Cantoblanco. Cra. de Colmenar Viejo, Km.15
28049 Madrid (Spain)

Teléfono: 91 497 4737

Página web:

<http://www.uam.es/departamentos/ciencias/fismateriac/especifica/lasuam/default.html>

Email: Rodolfo.miranda@uam.es

Líneas de investigación: Desarrollo instrumental: Microscopía de túnel polarizada en spin; Microscopio de Fotoemisión. Nanomagnetismo de materiales artificiales. Sistemas Moleculares en superficies. Para ello se utilizan técnicas experimentales muy variadas.