



MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



## **Creen un nou estat magnètic, el “vortió”, que imita les sinapsis neuronals**

**Controlar aquest estat obre les portes a dispositius inspirats en el cervell més intel·ligents, reconfigurables i energèticament eficients**

**Investigadors de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) han desenvolupat experimentalment un nou estat magnètic: el “vortió” o vòrtex magnetoiónic. La recerca, publicada a *Nature Communications*, permet un nivell de control sense precedents de les propietats magnètiques a escala nanomètrica i a temperatura ambient, i obre nous horitzons per al desenvolupament de dispositius magnètics avançats.**

L'ús de grans quantitats de dades ('Big Data') ha multiplicat la demanda energètica en les tecnologies de la informació. En general, per emmagatzemar la informació s'utilitzen corrents elèctrics que escalfen els dispositius i dissipen energia. Controlar les memòries magnètiques amb voltatge, en lloc de corrents elèctrics, pot minimitzar aquesta despesa. Una estratègia per fer-ho podria ser l'ús de materials magnetoiónics, en els quals és possible manipular les propietats magnètiques tot afegint o traient ions mitjançant canvis en el voltatge aplicat. Fins ara, però, la major part dels estudis en aquest àmbit s'han centrat en capes contínues, no en el control de les propietats en “bits” de dimensions nanomètriques, necessaris per emmagatzemar dades amb alta densitat. D'altra banda, és conegut que a l'escala sub-micromètrica apareixen fenòmens magnètics nous, que no existeixen a l'escala macroscòpica, com els vòrtexs magnètics (que recorden petits remolins magnètics), els quals tenen aplicacions en la manera com s'enregistren i llegeixen dades magnètiques en l'actualitat, i també en biomedicina. Tot i així, modificar l'estat vòrtex en materials ja preparats sol ser impossible o requereix grans quantitats d'energia.

Investigadors del Departament de Física de la UAB, amb la col·laboració de científics de l'ICMAB-CSIC, del Sincrotró ALBA i de centres de recerca d'Itàlia i dels Estats Units, proposen una nova solució que combina la magnetoiónica i els vòrtex magnètics. Els investigadors han desenvolupat experimentalment un nou estat magnètic que han anomenat vòrtex magnetoiónic, o “vortió”. El nou objecte permet controlar “a la carta” les propietats magnètiques d'un nanopunt (un punt de dimensions nanomètriques) amb molta precisió. Això s'aconsegueix extraient ions de nitrogen mitjançant l'aplicació de voltatge, fet que permet un control eficient amb un baix consum d'energia.

“Es tracta d'un objecte fins ara inexplorat a la nanoescala”, explica l'investigador ICREA del Departament de Física de la UAB Jordi Sort, director de la recerca. “De manera sorprenent, tot i la demanda que hi ha per controlar els estats magnètics a escala nanomètrica, la major part de la recerca en magnetoiónica s'ha enfocat fins ara a l'estudi de pel·lícules de materials continus. Si ens fixem en els efectes del desplaçament d'ions en estructures discretes de dimensions nanomètriques, els anomenats “nanopunts” que hem analitzat nosaltres, veiem que apareixen configuracions d'espín molt interessants

INSTITUT DE CIÈNCIA DE MATERIALS DE BARCELONA (ICMAB-CSIC)

Campus de la UAB, C/Til·lers s/n, 08193 Bellaterra, BARCELONA

Tel: +34 93 580 18 53 <https://www.icmab.es>



que evolucionen dinàmicament i que són exclusives d'aquest tipus d'estructures". Aquestes configuracions d'espín i les propietats magnètiques dels vortions varien en funció de la durada del voltatge aplicat. D'aquesta manera, a partir de nanopunts d'un material inicialment no magnètic es poden generar diferents estats magnètics (per exemple, vortions amb diferents propietats o estats d'imantació uniforme) mitjançant l'extracció gradual d'ions amb l'aplicació de voltatge.

“Amb els ‘vortions’ que hem desenvolupat podem tenir un control sense precedents de propietats magnètiques com la imantació, la coercitivitat, la remanència, els camps crítics de formació i aniquilació del vortió i l'anisotropia. Són propietats fonamentals per a l'emmagatzematge d'informació en memòries magnètiques, i ara les hem aconseguit controlar i ajustar de manera analògica i reversible mitjançant un procés d'activació per voltatge amb molt poca despesa energètica”, explica Irena Spasojević, investigadora postdoctoral al Departament de Física de la UAB i primera signant del treball. “El procediment d'actuació per voltatge en comptes de corrent elèctrica evita l'escalfament en dispositius com ordinadors portàtils, servidors o centres de dades, reduint dràsticament la pèrdua d'energia”.

Els investigadors han demostrat que mitjançant un control precís del gruix de la capa magnètica generada amb voltatge, l'estat magnètic del material es pot variar a voluntat, de manera controlada i reversible, entre un estat no magnètic, un estat amb una orientació magnètica uniforme (com el que presenta un imant), o el nou estat vòrtex magneto-iònic.

### **Imitar el comportament de les sinapsis neuronals**

Aquest nivell de control sense precedents de les propietats magnètiques a escala nanomètrica i a temperatura ambient obre nous horitzons per al desenvolupament de dispositius magnètics avançats amb funcionalitats que poden adaptar-se un cop el material s'ha sintetitzat. Això proporciona una major flexibilitat que és necessària per satisfer demandes tecnològiques específiques. “Preveiem, per exemple, la integració de vòrtexs magneto-iònics reconfigurables en xarxes neuronals com a sinapsis dinàmiques, capaces d'imitar el comportament de les sinapsis biològiques”, avança Jordi Sort. En el cervell, les connexions entre les neurones, les sinapsis, presenten diferents pesos (intensitats) que es van adaptant de manera dinàmica segons l'activitat i l'aprenentatge. De la mateixa manera, els vortions podrien oferir enllaços neuronals amb pesos sinàptics sintonitzables, reflectits en valors d'imantació o d'anisotropia reconfigurables, per a dispositius espintrònics neuromòrfics (inspirats en el cervell). De fet, “l'activitat de les neurones i sinapsis biològiques també està controlada per senyals elèctrics i migració d'ions, de manera anàloga a les nostres unitats magneto-iòniques”, comenta Irena Spasojević.

Els investigadors consideren que, més enllà de l'impacte en dispositius inspirats en el cervell, en computació analògica o en memòries multi-nivell, els vortions podrien tenir altres aplicacions, per exemple en tècniques de teràpia mèdica com la teragnosi, en seguretat de dades (ciberseguretat), en dispositius de computació mitjançant espín magnètic (espin-lògica) o en la generació d'ones d'espín (magnònica).

En la recerca, dirigida pel professor ICREA del Departament de Física de la UAB Jordi Sort, i la investigadora postdoctoral del Departament de Física de la UAB Irena Spasojević com a primera autora,



MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



han participat Zhen Ma, del mateix departament, Aleix Barrera i Anna Palau, de l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB-CSIC), a més d'investigadors del Sincrotró ALBA, de l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) de Turin (Itàlia), i de la Colorado State University (EUA). El treball ha estat publicat a la darrera edició de la revista *Nature Communications*. La recerca ha estat finançada pel projecte REMINDS de l'*European Research Council*.

#### Article científic:

Spasojevic, I., Ma, Z., Barrera, A. et al. **Magneto-ionic vortices: voltage-reconfigurable swirling-spin analog-memory nanomagnets.** *Nat. Commun.* 16, 1990 (2025). DOI: 10.1038/s41467-025-57321-8 <https://www.nature.com/articles/s41467-025-57321-8>.



## **Crean un nuevo estado magnético, el “vortión”, que imita las sinapsis neuronales**

**Controlar este estado abre las puertas a dispositivos inspirados en el cerebro más inteligentes, reconfigurables y energéticamente eficientes**

**Investigadores de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) han desarrollado experimentalmente un nuevo estado magnético: el “vortión” o vórtice magnetoiónico. La investigación, publicada en *Nature Communications*, permite un nivel de control sin precedentes de las propiedades magnéticas a escala nanométrica y a temperatura ambiente, y abre nuevos horizontes para el desarrollo de dispositivos magnéticos avanzados.**

La utilización de grandes cantidades de datos (‘Big data’) ha multiplicado la demanda energética en las tecnologías de la información. En general, para almacenar la información se utilizan corrientes eléctricas que calientan los dispositivos y disipan energía. Controlar las memorias magnéticas con voltaje, en lugar de corrientes eléctricas, puede minimizar este gasto. Una estrategia para hacerlo podría ser el uso de los materiales magnetoiónicos, que permiten manipulación de sus propiedades magnéticas añadiendo o extrayendo iones mediante cambios en el voltaje aplicado. Sin embargo, hasta ahora la mayor parte de los estudios en este ámbito se han centrado en capas continuas, no en el control de las propiedades en “bits” de dimensiones nanométricas, necesarios para almacenar datos con densidad elevada. Por otro lado, es conocido que en la escala sub-micrométrica aparecen fenómenos magnéticos nuevos, que no existen en la escala macroscópica, como los vórtices magnéticos (que recuerdan pequeños remolinos magnéticos), los cuales tienen aplicaciones en el modo como se graban y leen los datos magnéticos actualmente, así como en biomedicina. Modificar el estado vórtice en muestras ya preparadas suele ser imposible o requiere grandes cantidades de energía.

Investigadores del Departamento de Física de la UAB, con la colaboración de científicos del ICMAB-CSIC, del Sincrotrón ALBA y de centros de investigación de Italia y de los Estados Unidos, proponen una nueva solución que combina la magnetoiónica y los vórtices magnéticos. Los investigadores han desarrollado experimentalmente un nuevo estado magnético que han denominado vórtice magnetoiónico, o “vortión”. El nuevo objeto permite controlar “a la carta” las propiedades magnéticas de un nanopunto (un punto de dimensiones nanométricas) con gran precisión. Esto se logra extrayendo iones de nitrógeno mediante la aplicación de voltaje, lo que permite un control eficiente con un consumo de energía muy bajo.

“Se trata de un objeto hasta ahora inexplorado en la nanoescala”, explica el investigador ICREA del Departamento de Física de la UAB Jordi Sort, director de la investigación. “Existe una gran demanda para controlar los estados magnéticos a escala nanométrica pero, sorprendentemente, la mayor parte de la investigación en magnetoiónica se ha enfocado hasta ahora en el estudio de películas de materiales continuos. Si nos fijamos en los efectos del desplazamiento de iones en estructuras discretas de



MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



dimensiones nanométricas, los llamados “nanopuntos” que hemos analizado, vemos que aparecen configuraciones de espín muy interesantes que evolucionan dinámicamente y que son exclusivas de este tipo de estructuras”. Estas configuraciones de espín y las propiedades magnéticas de los vortices varían en función de la duración del voltaje aplicado. De este modo, a partir de nanopuntos de un material inicialmente no magnético se pueden generar diferentes estados magnéticos (por ejemplo, vortices con diferentes propiedades o estados con la orientación magnética uniforme) mediante la extracción gradual de iones aplicando un voltaje.

“Con los ‘vortices’ que hemos desarrollado podemos tener un control sin precedentes de propiedades magnéticas como la magnetización, la coercitividad, la remanencia, los campos críticos de formación y aniquilación del vortice, o la anisotropía. Son propiedades fundamentales para el almacenamiento de información en memorias magnéticas, y ahora hemos logrado controlarlas y ajustarlas de manera analógica y reversible mediante un proceso de activación por voltaje, con un consumo de energía muy bajo”, explica Irena Spasojević, investigadora postdoctoral en el Departamento de Física de la UAB y primera firmante del trabajo. “El procedimiento de actuación por voltaje en lugar de corriente eléctrica evita el calentamiento en dispositivos como ordenadores portátiles, servidores o centros de datos, reduciendo drásticamente la pérdida de energía”.

Los investigadores han demostrado que con un control preciso del grosor de la capa magnética generada con voltaje, el estado magnético del material se puede variar a voluntad, de manera controlada y reversible, entre un estado no magnético, un estado con una orientación magnética uniforme (como el que presenta un imán), o el nuevo estado vortice magnetoiónico.

### **Imitar el comportamiento de las sinapsis neuronales**

Este nivel de control sin precedentes de las propiedades magnéticas a escala nanométrica y a temperatura ambiente abre nuevos horizontes para el desarrollo de dispositivos magnéticos avanzados con funcionalidades que pueden adaptarse una vez el material ha sido sintetizado. Esto proporciona una mayor flexibilidad que es necesaria para satisfacer demandas tecnológicas específicas. “Prevemos, por ejemplo, la integración de vortices magnetoiónicos reconfigurables en redes neuronales como sinapsis dinámicas, capaces de imitar el comportamiento de las sinapsis biológicas”, avanza Jordi Sort. En el cerebro, las conexiones entre las neuronas, las sinapsis, presentan diferentes pesos (intensidades) que se van adaptando de manera dinámica según la actividad y aprendizaje. Del mismo modo, los vortices podrían ofrecer enlaces neuronales con pesos sinápticos sintonizables, reflejados en valores de magnetización o de anisotropía reconfigurables, para dispositivos espintrónicos neuromórficos (inspirados en el cerebro). De hecho, “la actividad de las neuronas y sinapsis biológicas también está controlada por señales eléctricas y migración de iones, de manera análoga a nuestras unidades magnetoiónicas”, comenta Irena Spasojević.

Los investigadores consideran que, además de su impacto en dispositivos inspirados en el cerebro, en computación analógica o en memorias multi-nivel, los vortices podrían tener otras aplicaciones como, por ejemplo, en técnicas de terapia médica (teragnosis), seguridad de datos (ciberseguridad), o en



MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



dispositivos de computación mediante espín magnético (espin-lógica) o para la generación de ondas de espín (magnónica).

En la investigación, dirigida por el profesor ICREA del Departamento de Física de la UAB Jordi Sort, y la investigadora postdoctoral del Departamento de Física de la UAB Irena Spasojević como primera autora, han participado Zhen Ma, del mismo departamento, Aleix Barrera y Anna Palau, del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB-CSIC), además de investigadores del Sincrotrón ALBA, del Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) de Turin (Italia), y de la Colorado State University (EE. UU.). El trabajo ha sido publicado en la última edición de la revista *Nature Communications*. La investigación ha sido financiada por el proyecto REMINDS del *European Research Council*.

#### Artículo científico:

Spasojevic, I., Ma, Z., Barrera, A. et al. **Magneto-ionic vortices: voltage-reconfigurable swirling-spin analog-memory nanomagnets.** *Nat. Commun.* 16, 1990 (2025). DOI: 10.1038/s41467-025-57321-8 <https://www.nature.com/articles/s41467-025-57321-8>.





MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



## **“Vortion”, a new magnetic state able to mimic neuronal synapses**

**Controlling this state paves the way for the creation of more intelligent, reconfigurable and energy-efficient devices that mimic the brain**

**Researchers from the Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) have managed to experimentally develop a new magnetic state: a **magneto-ionic vortex** or “**vortion**”. The research, published in *Nature Communications*, allows for an unprecedented level of control of magnetic properties at the nanoscale and at room temperature, and opens new horizons for the development of advanced magnetic devices.**

The use of Big Data has multiplied the energy demand in information technologies. Generally, to store information, systems utilize electric currents to write data, which dissipates power by heating the devices. Controlling magnetic memories with voltage, instead of electric currents, can minimise this energy expenditure. One way to achieve this is by using magneto-ionic materials, which allow for the manipulation of their magnetic properties by adding or removing ions through changes in the polarity of the applied voltage. So far, most studies in this area have focused on continuous films, rather than on controlling properties at the nanometric scale in discrete “bits”, essential for high-density data storage. Moreover, it is known that new magnetic phenomena can emerge at the sub-micrometre scale, that do not exist at the macroscopic level, such as magnetic vortices – small swirl-like magnetic structures. These vortices have applications in the way magnetic data are currently recorded and read, as well as in biomedicine. Nevertheless, changing the vortex state in already prepared materials is often impossible or requires large amounts of energy.

Researchers from the UAB Department of Physics, in collaboration with scientists from the ICMAB-CSIC, the ALBA Synchrotron and research institutions in Italy and the United States, propose a new solution that combines magneto-ionics and magnetic vortices. Researchers experimentally developed a new magnetic state that they have named magneto-ionic vortex, or “vortion”. This new object allows “on-demand” control of the magnetic properties of a nanodot (a dot of nanometric dimensions) with high precision. This is achieved by extracting nitrogen ions through the application of voltage, thus allowing for efficient control with very low energy consumption.

“This is a so far unexplored object at the nanoscale,” explains ICREA researcher in the UAB Department of Physics Jordi Sort, director of the research. “There is a great demand for controlling magnetic states at the nanoscale but, surprisingly, most of the research in magneto-ionics has so far focused on the study of films of continuous materials. If we look at the effects of ion displacement in discrete structures of nanometre dimensions, the ‘nanodots’ we have analysed, we see that very interesting dynamically evolving spin configurations appear, which are unique to these types of structures”. These spin configurations and the magnetic properties of the vortices vary as a function of the duration of the applied

INSTITUT DE CIÈNCIA DE MATERIALS DE BARCELONA (ICMAB-CSIC)

Campus de la UAB, C/Til·lers s/n, 08193 Bellaterra, BARCELONA

Tel: +34 93 580 18 53 <https://www.icmab.es>

voltage. Thus, different magnetic states (e.g., vortices with different properties or states with uniform magnetic orientation) can be generated from nanodots of an initially non-magnetic material by the gradual extraction of ions through the application of voltage.

“With the ‘vortions’ we developed, we can have unprecedented control of magnetic properties such as magnetisation, coercivity, remanence, anisotropy or the critical fields at which vortions are formed or annihilated. These are fundamental properties for storing information in magnetic memories, which we are now able to control and tune in an analogue and reversible manner by a voltage-activated process with very low energy consumption,” explains Irena Spasojević, postdoctoral researcher in the UAB Department of Physics and first author of the paper. “The voltage actuation procedure, instead of using electric current, prevents heating in devices such as laptops, servers and data centres, and it drastically reduces energy loss.”

Researchers have shown that by precisely controlling the thickness of the voltage-generated magnetic layer, the magnetic state of the material can be varied at will, in a controlled and reversible manner, between a non-magnetic state, a state with a uniform magnetic orientation (such as that found in a magnet), and the new magneto-ionic vortex state.

### **Ability to mimic the behaviour of neuronal synapses**

This unprecedented level of control of magnetic properties at the nanoscale and at room temperature opens new horizons for the development of advanced magnetic devices with functionalities that can be tailored once the material has been synthesised. This provides greater flexibility which is needed to meet specific technological demands. “We envision, for example, the integration of reconfigurable magneto-ionic vortices in neural networks as dynamic synapses, capable of mimicking the behaviour of biological synapses”, says Jordi Sort. In the brain, the connections between neurons, the synapses, have different weights (intensities) that adapt dynamically according to the activity and learning process. Similarly, “vortions” could provide tuneable neuronal synaptic weights, reflected in reconfigurable magnetisation or anisotropy values, for neuromorphic (brain-inspired) spintronic devices. In fact, “the activity of biological neurons and synapses is also controlled by electrical signals and ion migration, analogous to our magneto-ionic units,” comments Irena Spasojević.

Researchers believe that, besides their impact in brain-inspired devices, analogue computing or multi-state data storage systems, vortions may have other potential applications, including medical therapy techniques such as theragnostics, data security, magnetic spin computing devices (spin logics), and the generation of spin waves (magnonics).

The research, led by ICREA professor of the UAB Department of Physics Jordi Sort, and postdoctoral researcher of the UAB Department of Physics Irena Spasojević as the first author of the publication, also included Zheng Ma, from the same department, Aleix Barrera and Anna Palau, from the Institute of Materials Science of Barcelona (ICMAB-CSIC), and researchers from the ALBA Synchrotron, the Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) of Turin, Italy, and Colorado State University, USA.





MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



The study was published in the latest issue of the journal *Nature Communications*. This study was financed by the REMINDS project from the *European Research Council*.

### Original article:

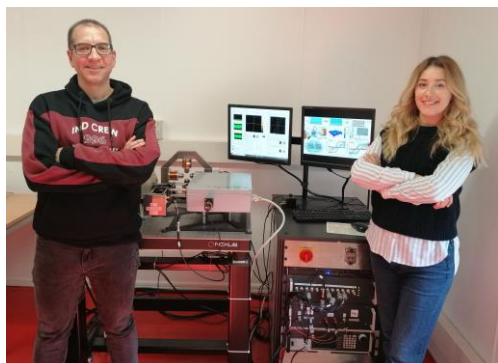
Spasojevic, I., Ma, Z., Barrera, A. et al. **Magneto-ionic vortices: voltage-reconfigurable swirling-spin analog-memory nanomagnets.** *Nat. Commun.* 16, 1990 (2025). DOI: 10.1038/s41467-025-57321-8  
<https://www.nature.com/articles/s41467-025-57321-8>.



MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



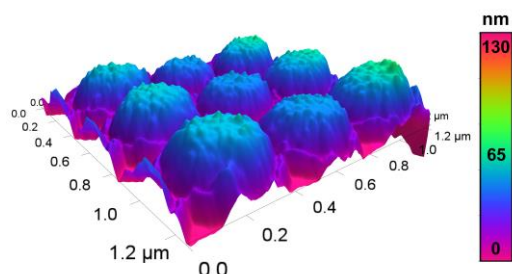
## Imatges i peus de figura / Imágenes y pies de figura / Figures and figure captions



Jordi Sort and Irena Spasojević at the UAB, next to the Magneto-Optical Kerr Effect (MOKE) magnetometer that was used for in-situ measurements described in the work.

Jordi Sort i Irena Spasojević a la UAB, amb el magnetòmetre d'efecte Kerr magneto-òptic (MOKE) emprat per a les mesures *in situ* descrites al treball.

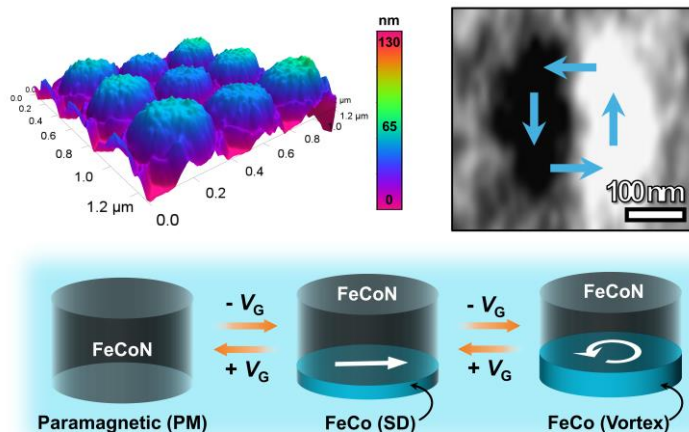
Jordi Sort y Irena Spasojević en la UAB, con el magnetómetro de efecto Kerr magneto-óptico (MOKE) utilizado para las medidas *in situ* descritas en el trabajo.



3D image of FeCoN nanodots obtained by Atomic Force Microscope (AFM). Original image from <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57321-8>.

Imatge tridimensional dels nanopunts generats pels autors de la recerca, obtinguda amb microscopi de forces atòmiques (AFM). La imatge original ha estat publicada a <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57321-8>.

Imagen tridimensional de los nanopuntos generados por los autores de la investigación, obtenida mediante microscopio de fuerzas atómicas (AFM). La imagen original ha estado publicada en <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57321-8>.



Operation principle of an analog magnetic vortex controlled by electric-field-driven ion motion (“vortion” or magneto-ionic vortex). Such state is generated from paramagnetic FeCoN nanodots upon voltage-induced gradual extraction of nitrogen ( $N^{3-}$ ) ions. Contrary to conventional magneto-ionics, diffusion of nitrogen ions results in the formation of a planar migration front, enabling precise control of the thickness of the generated phase. For thin magneto-ionically generated FeCo sublayer, the nanodots reverse their magnetization via coherent rotation (single-domain state, SD). For thicker FeCo, the spins tend to curl following the edges of the nanodots, and the vortion state is induced. Interestingly, by changing the voltage polarity, the vortion can be transformed back to a single domain and finally to a paramagnetic state in a reversible and controlled manner. Original image from <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57321-8>.

Principio de funcionamiento de un vórtice magnético analógico controlado por el movimiento de iones impulsado por campo eléctrico («vortión» o vórtice magnetoiónico). Este estado se genera a partir de nanopuntos de FeCoN paramagnéticos mediante la extracción gradual de iones de nitrógeno ( $N^{3-}$ ) inducida con voltaje. A diferencia de lo que sucede en la magnetoiónica convencional, la difusión de iones de nitrógeno da lugar a la formación de un frente de migración planar, lo que permite un control preciso del espesor de la fase generada. En el caso de una subcapa delgada de FeCo generada magnetoiónicamente, los nanopuntos invierten su magnetización mediante rotación coherente (estado de dominio único, SD). Si la subcapa de FeCo es más gruesa los espines tienden a girar siguiendo los bordes de los nanopuntos y se induce el estado vortion. Curiosamente, cambiando la polaridad del voltaje se puede transformar el vortión de nuevo a un dominio único y finalmente a un estado paramagnético de forma reversible y controlada. Imagen original de <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57321-8>.

Principi de funcionament d'un vòrtex magnètic analògic controlat pel moviment d'ions impulsat pel camp elèctric («vortió» o vòrtex magnetoiónic). Aquest estat es genera a partir de nanopunts de FeCoN paramagnètics mitjançant l'extracció gradual d'ions de nitrogen ( $N^{3-}$ ) induïda amb voltatge. A diferència del que succeeix en la magnetoiónica convencional, la difusió d'ions de nitrogen dona lloc a la formació d'un front de migració planar, la qual cosa permet un control precís del gruix de la fase generada. En el cas d'una subcapa prima de FeCo generada magnetoiónicament, els nanopunts inverteixen la seva



MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



imantació mitjançant rotació coherent (estat de domini únic, SD). Si la subcapa de FeCo és més gruixuda els espins tendeixen a girar seguint les vores dels nanopunts i s'indueix l'estat vortió. Curiosament, canviant la polaritat del voltatge es pot transformar el vortió de nou a un domini únic i finalment a un estat paramagnètic de manera reversible i controlada. Imatge original d'<https://doi.org/10.1038/s41467-025-57321-8>.