

# Superconductivitat: fregant la màgia

Els superconductors són materials que, a baixa temperatura, no ofereixen cap resistència a l'electricitat. Això permet transportar molt econòmicament l'energia, però també, quan està en contacte amb un camp magnètic, el fenomen de la levitació: els trens, per exemple, assoleixen més velocitat i gasten menys. Després d'haver visitat Barcelona, l'exposició "La màgia dels superconductors", que descobreix les futures aplicacions d'aquests materials, viatjarà a Tarragona –el 27 de novembre s'inaugura al col·legi Saavedra–, Ripoll, Cerdanyola, Girona, Lleida i Terrassa.

**E**l 10 de juliol de 1908 el físic holandès Heike Kamerlingh Onnes aconseguí líquar heli per primera vegada. Gràcies a aquest resultat, els científics van poder començar a estudiar les propietats de la matèria a baixes temperatures utilitzant heli líquid com a refrigerant, ja que aquest material es troba a uns 269 °C sota zero. Un dels camps que despertava més interès en la comunitat científica de l'època era la dependència de les propietats elèctriques dels materials amb la temperatura. Se sabia que a temperatura ambient qualsevol material presenta una certa resistència al pas del corrent elèctric, però sobre el comportament de la resis-

tència elèctrica a baixes temperatures tan sols es podien fer hipòtesis. Lord Kelvin proposava que la resistència havia d'augmentar a mesura que la temperatura disminuïa. Mathiessen sostenia que havia de presentar un valor residual constant i Dewar pensava que la resistència podia ser zero a temperatures suficientment baixes. El primer experiment que va analitzar aquesta dependència, fet amb mercuri, va donar la raó a Dewar. Es va descobrir que per sota d'una certa temperatura, el mercuri no oposava cap resistència al pas del corrent elèctric. Aquest fenomen fou batejat amb el nom de superconductivitat. Experiments posteriors van demostrar

que molts elements més presentaven superconductivitat, cadascun d'ells per sota d'una temperatura diferent, anomenada temperatura crítica. Els primers superconductors que es van conèixer, anomenats de baixa temperatura, eren metalls i tenien temperatures crítiques al voltant de -270 °C. Amb els anys s'han descobert els anomenats superconductors d'alta temperatura: es tracta de materials ceràmics amb temperatures crítiques properes als -130 °C.

**Cables superconductors.** La primera aplicació tecnològica dels materials superconductors sembla força evident. Com que no presenten resistència al pas del corrent elèctric, els superconductors són els materials ideals per fabricar cables per transportar energia elèctrica. Sense resistència, desapareixen les pèrdues d'energia, de manera que l'eficiència del sistema de transport d'electricitat pot augmentar enormement. A més, per les seves característiques, els cables superconductors no necessiten tant d'aïllament com els tradicionals, i poden aprofitar la infraestructura de transport ja existent. La dificultat principal amb què topa aquesta tecnologia consisteix a mantenir les baixes temperatures que els superconductors necessiten per comportar-se com a tals. De tota manera, a Yokosuka (Japó) i a Kunming (Xina) ja hi ha alguns cables superconductors en funcionament.

A més de facilitar el transport d'energia elèctrica, els superconductors poden dur a terme una tasca de protecció de la



JORDI PLAY

Les peces leviten sobre el tauler d'escacs, gràcies a materials superconductors. Es poden veure a l'exposició "La màgia dels superconductors".

xarxa elèctrica davant de possibles curtcircuits, una fallada que acostuma a succeir unes 150 vegades l'any per cada 100 quilòmetres de línia elèctrica. Davant d'un curtcircuit, els sistemes de protecció tradicional interrompen la línia, de manera que la part de la xarxa elèctrica afectada queda inutilitzada fins que es resol l'avaria. Els sistemes de protecció superconductors, en canvi, no interrompen la línia, sinó que tenen la capacitat de regular el corrent elèctric i permetre que la xarxa continuï funcionant.

**Levitació.** Quan un superconductor es refreda en presència d'un camp magnètic, es produeix el fenomen de la levitació, consistent en una força magnètica oposada a l'atracció gravitatòria. D'aquesta manera es pot aconseguir que qualsevol objecte quedi literalment suspès en l'aire de forma estable i sense contacte amb cap altre objecte. Una de les principals aplicacions d'aquest fenomen és la construcció de vehicles flotants, que tan sols han de vèncer la fricció de l'aire per poder-se desplaçar. A Yamanashi, prop de Tòquio (Japó), s'han fet assajos amb un tren que ha assolit velocitats de 581 km/h. La primera via comercial basada en aquesta tecnologia s'està construint ja a Shangai, a la Xina. Els principals avantatges d'aquests nous vehicles són la seguretat (gràcies a la gran estabilitat del sistema format per imants i superconductors, un descarrilament és molt poc probable), la velocitat, la manca de soroll i l'estalvi energètic (el cost econòmic d'un tren superconductor és similar al d'un tren d'alta velocitat convencional i la despesa energètica pot ser un 30% inferior).

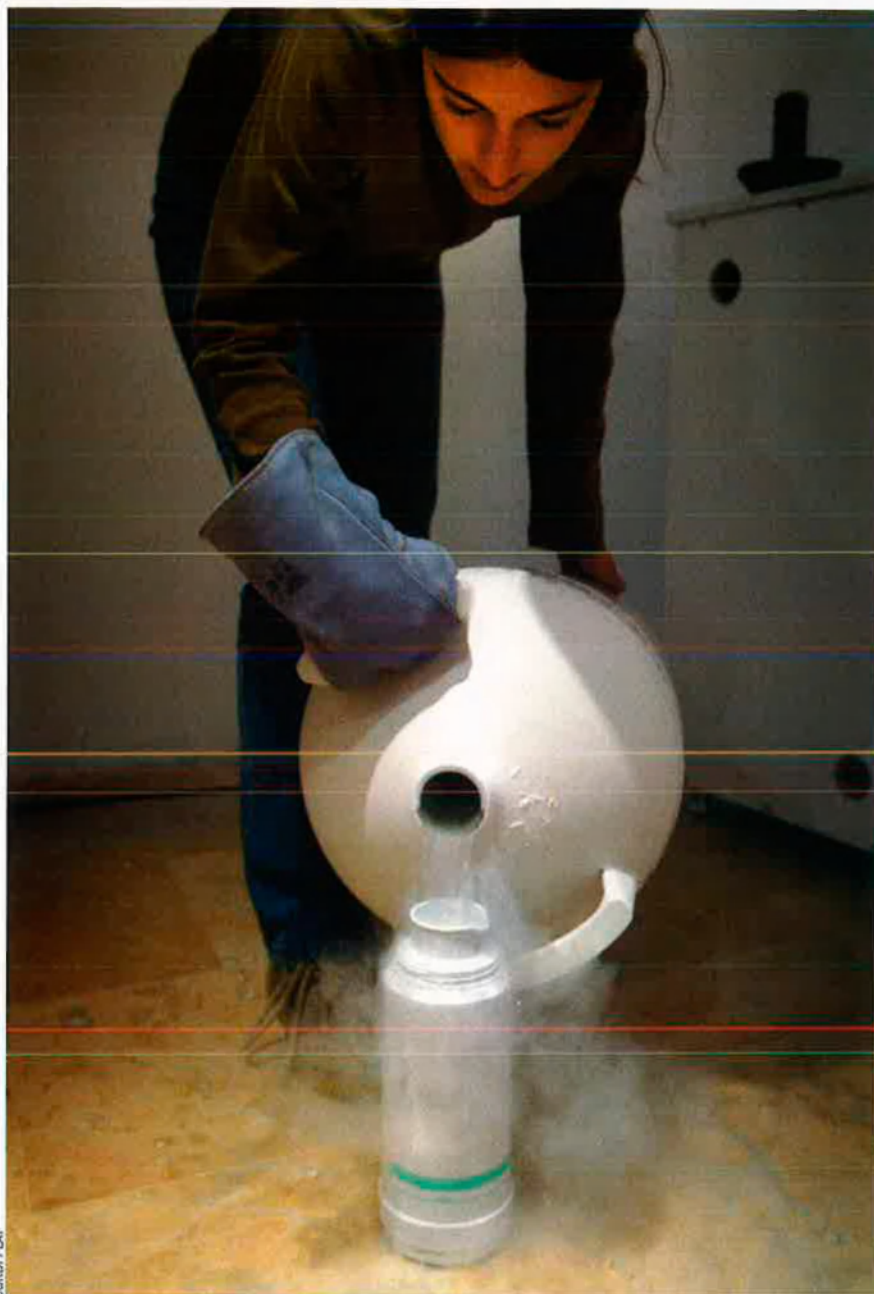
Una altra aplicació del fenomen de la levitació són les rodes d'inèrcia. Si es fa girar un objecte que levita, tan sols el fregament amb l'aire el podrà aturar al cap de força temps. Si no hi hagués aire, per tant, en principi l'objecte podria girar indefinidament. Això és el que es pretén amb les rodes d'inèrcia, que no són més que objectes que leviten i giren a l'interior d'una cambra a la qual s'ha aplicat el buit, és a dir, de la qual s'ha extret tot l'aire. Aquests sistemes constitueixen un magatzem d'energia que es pot aprofitar, per exemple, per generar electricitat en cas d'una fallada de la xarxa elèctrica.



A dalt, una peça banyada en nitrogen, que ha esdevingut superconductora, és aixecada sense contacte. A sota, un prototipus de tren que levita sobre el que faria de via. Gràcies a la combinació de superconducció i camps electromagnètics, funciona amb una lleugera empenta.

**Ressonància magnètica nuclear i magnetoencefalografia.** Una de les tècniques actuals més precises d'exploració mèdica consisteix a aplicar un

camp magnètic a un pacient i analitzar la resposta de cadascuna de les seves parts per obtenir una imatge de l'interior del cos. Si el camp magnètic apli-



JORDI PLAY

**Els materials a temperatura molt baixa esdevenen superconductors, és a dir, no ofereixen cap resistència a l'electricitat. L'heli líquid, a 269 °C sota zero, n'és un exemple.**

cat és més intens, la imatge guanya qualitat. Els materials superconductors permeten generar camps magnètics d'alta intensitat i, per tant, faciliten l'obtenció d'imatges de qualitat. Però aquesta tècnica comporta un cert perill en pacients que utilitzen marcapassos o pròtesis metàl·liques. De tota manera, els superconductors ofereixen una alternativa. El SQUID és un microscopi construït amb materials superconductors que té la capacitat de ser sensible a camps magnètics molt dèbils. Aquest microscopi detecta els camps magnè-

tics generats en els processos bioquímics que tenen lloc a l'interior del cos i permet, entre altres coses, dibuixar amb gran precisió mapes de l'activitat cerebral. Aquest tipus de mapes, aconseguits amb aquesta tècnica no invasiva, poden contribuir a diagnosticar malalties com l'epilèpsia o l'accident vascular, i a aportar noves dades per estudiar el funcionament del cervell.

**Reactors de fusió nuclear i acceleradors de partícules.** Les reaccions de fusió nuclear que succeei-

xen contínuament als estels com el nostre Sol constitueixen una font d'energia que la tecnologia humana fa temps que prova d'imitar. La dificultat més important en la construcció d'un reactor de fusió nuclear és la velocitat que cal donar als nuclis atòmics per aconseguir que col·lideixin. Per vèncer la repulsió elèctrica entre els nuclis, calen temperatures de 100.000.000 °C, com les que hi ha als estels. El problema és que cap material conegut pot suportar aquesta temperatura i, per tant, no es pot construir cap recipient que pugui contenir el combustible de la fusió nuclear. La tècnica que actualment s'estudia per resoldre aquest problema utilitza una màquina anomenada Tokamak, construïda a partir de materials superconductors, per crear camps magnètics intensos que confinen el combustible. És a dir, els camps magnètics fan la funció de parets del recipient, ja que els nuclis atòmics no els poden travessar. Materials semblants, també superconductors, s'utilitzen en els acceleradors de partícules. El LHC és un nou accelerador que s'està construint a Ginebra i que ha de permetre estudiar amb més precisió que mai les propietats de les partícules elementals (vegeu EL TEMPS, núm. 1.111). Per poder dur a terme els experiments, a base de col·lisions entre partícules, calen uns camps magnètics que tan sols es poden aconseguir mitjançant les propietats dels materials superconductors.

**Exposició "La màgia dels superconductors".** El fenomen de la superconductivitat i les seves aplicacions queden recollides en l'exposició itinerant "La màgia dels superconductors", a Barcelona fins el 21 de novembre. Aquesta mostra forma part del projecte europeu Superlife, desenvolupat per un consorci europeu de centres de recerca, entre els quals hi ha l'Institut de Ciències de Materials de Barcelona del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC). L'exposició acostarà de forma interactiva i amb models reals aquest fenomen tan sorprenent a diverses ciutats del territori català, com Tarragona, Ripoll, Cerdanyola, Lleida i Terrassa, fins el 20 de març de 2006.

**Toni Pou**