

Nuove scoperte nel campo dei nanomagnetismi molecolari

Il prestigioso premio "Agilent Technologies Europhysics" è stato assegnato quest'anno a cinque ricercatori tra cui Dante Gatteschi (Direttore Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali (INSTM) e Roberta Sessoli, entrambi dell'Università di Firenze. Il Premio, istituito nel 1975 come premio Hewlett Packard, è considerato fra quelli più prestigiosi nel campo della fisica e nei fatti costituisce un riconoscimento di eccellenza scientifica nella scienza dei materiali. Di questo premio sono stati insigniti fino ad oggi otto scienziati, tra cui Kroto, Smalley, Bednorz e Müller, cui è stato anche conferito successivamente il premio Nobel per la Chimica o per la Fisica. La motivazione del Premio riconosce i contributi di Gatteschi e Sessoli allo sviluppo del campo della dinamica quantistica dei nanomagnetismi, compresa la scoperta dell'effetto tunnel e dell'interferenza nella dinamica della magnetizzazione. Le ricerche che hanno motivato il riconoscimento riguardano l'osservazione che alcune molecole a temperature vicine a quelle dell'elio liquido si comportano come magneti "a singola molecola (SMM)" che possono costituire elementi di memoria di dimensioni nanometriche. Le proprietà tecnologiche, legate alla nanoscala, che ne possono derivare sono costituite dall'enorme capacità, altrimenti non raggiungibile, di immagazzinamento dei dati.

Ancor più interessante, tali tipi di "single molecule magnets" hanno proprietà nuove del tutto assenti nei magneti di dimensioni macroscopiche, legate a reali effetti quantistici. Così l'inversione della magnetizzazione in un magnete classico comporta l'esistenza di due minimi nel profilo del potenziale e di un massimo attraverso cui il sistema deve transitare per mutare la sua conformazione magnetica. Gli SMM possono, invece, riorientarsi senza problemi di attivazione. Le due possibili conformazioni magnetiche sono reciprocamente accessibili attraverso un transito tra le due buche di potenziale tramite un effetto tunnel. Tale effetto quantistico, pur predetto teoricamente, non aveva mai trovato

riscontro in sistemi magnetici reali che potessero permettere una verifica delle anticipazioni teoriche. Le ricerche dei due scienziati italiani hanno permesso l'identificazione di tali sistemi che, oltre agli interessi di natura fondamentale, aprono interessanti possibilità per lo sviluppo di calcolatori rivoluzionari che sfruttano gli effetti quantici. Il primo sistema per cui sono state dimostrate queste proprietà è una molecola dodecanucleare costituita da 12 atomi di manganese, generalmente indicata co-

me Mn₁₂Ac, coordinati da leganti carbossilici, il cui nocciolo è costituito da ioni manganese e ioni ossido, con una struttura che ricorda quella degli ossidi di manganese. In questo caso, tuttavia, la strutturazione in un reticolo infinito è inibita dagli ioni acetato (Figura 1). Questo sistema, come pure tutti gli altri SMM identificati a Firenze si comporta come un reale magnete, sia pure di dimensione molecolare, che a basse temperature mantiene una magnetizzazione permanente anche in assenza di campo magnetico. Infatti, in assenza di campo, l'orientamento dei dipoli magnetici associati ai vari SMM è puramente statistico con 50% di dipoli con il Nord in alto e 50% con il Nord in basso. La presenza di un campo magnetico orienta tutti i dipoli nella direzione del campo. Quando questo viene rimosso il sistema tende a ritornare alla distribuzione statistica iniziale.

Ciò coinvolge una barriera di potenziale con un profilo analogo a quello in Figura 2. Tale processo richiede un'energia sufficientemente elevata e a bassa temperatura (-271 °C) e la smagnetizzazione rimane accessibile solo a pochissime molecole. Il processo diventa quindi molto lento e a 2 K il tempo di rilassamento diventa dell'ordine degli anni. Queste molecole danno luogo a isteresi magnetica. Sono quindi bistabili e ognuna di esse può di principio essere usata per immagazzinare informazioni. Una proprietà ancor più interessante del comportamento degli SMM è associata alle dimensioni nanometriche. In questo caso infatti si manifestano effetti quantistici. Così l'effetto tunnel quantistico consente ai sistemi di possedere ambedue le direzioni associate al dipolo magnetico. Tale effetto non era mai stato osservato nel caso dei magneti. Per quanto previsto in linea teorica, ogni tentativo di osservare l'effetto tunnel della magnetizzazione era sempre fallito in particolare per la difficoltà di ottenere insieme di particelle magnetiche tutte identiche. La possibilità di osservare l'effetto tunnel diminuisce esponenzialmente con il diametro delle particelle e lavorando con particelle anche piccole, ma di dimensioni diverse si ottengono risposte sperimentali confuse che non permettono di evidenziare in modo inequivocabile la presenza dell'effetto tunnel. Gli studi condotti a Firenze hanno brillantemente risolto il problema usando un approccio molecolare e quindi insieme di molecole necessariamente tutte uguali. Misure effettuate a Grenoble e negli Stati Uniti quasi contemporaneamente hanno mostrato che le molecole scoperte a Firenze seguono l'effetto tunnel della magnetizzazione. La scoperta che anche le proprietà magnetiche sono passibili di effetto "tunnel" può aprire la strada a nuove applicazioni. Scienziati svizzeri hanno infatti recentemente suggerito (*Loss Nature*, 2001) che i nanomagnetismi molecolari possono essere usati come hardware di nuovi calcolatori che usano l'effetto tunnel (quantum computing).

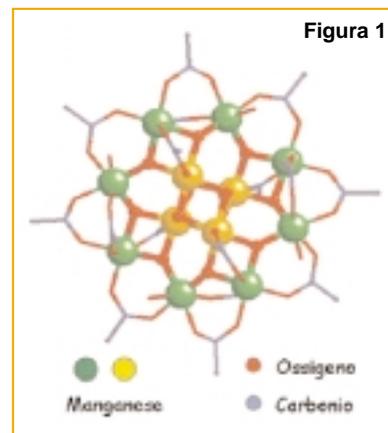


Figura 1

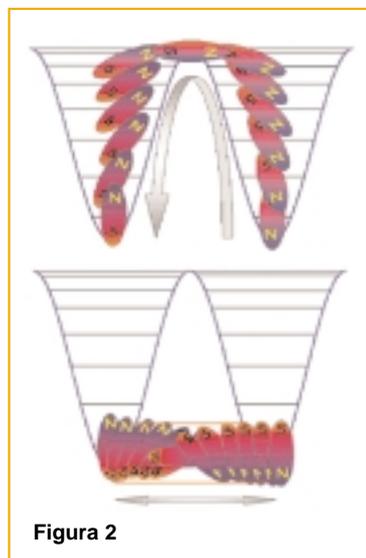


Figura 2