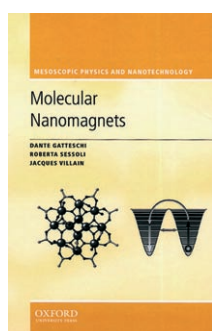


Molecular Nanomagnets



Mesoscopic Physics and Nanotechnology. Von *Dante Gatteschi, Roberta Sessoli* und *Jacques Villain*. Oxford University Press, Oxford 2006. 395 S., geb., 55,00 £.—ISBN 0-19-856753-7

Magnetische Festkörper – Oxide, Metalle und Legierungen – sind etwas ganz Alltägliches, von Molekülen andererseits nimmt man normalerweise nicht an, dass sie magnetisch sind. Jüngste Entdeckungen haben aber sehr wohl gezeigt, dass manche Moleküle starke magnetische Momente mit einer stabilen magnetischen Orientierung aufweisen, die mit der konventioneller Magnete vergleichbar ist. Diese Moleküle werden deshalb molekulare Nanomagnete oder Einzelmolekülmagnete genannt, und sie dürften die ultimativen Spezies in Hinblick auf Informationsspeicherdichte sein. Einzelmolekülmagnete zeigen nicht nur die klassischen makroskopischen Eigenschaften eines Magneten, sondern auch neuartige Quanteneigenschaften wie Quantentunneln der Magnetisierung und Quantenphaseninterferenz. Diese Phänomene sind besonders interessant im Hinblick auf mögliche Anwendungen als molekulare Informationsspeicher und in Quantencomputern.

In diesem Buch wird zum ersten Mal dieses neue Forschungsgebiet detailliert abgehandelt. Es richtet sich an Chemiker und Physiker und eignet sich sowohl für Einsteiger wie auch für aktive Wissenschaftler auf dem Gebiet. Die Autoren, zwei Chemiker und ein Physiker, behandeln die Chemie und Physik dieser Materialien ausführlich unter theoretischen und praktischen Aspekten und veranschaulichen ihre Ausführungen anhand vieler Abbildungen von Molekülen und Gleichungen. Jedem, der auf diesem oder einem verwandten Gebiet arbeitet, ist die Lektüre zu empfehlen.

Die Monographie ist in 15 Kapitel eingeteilt, die unabhängig voneinander

gelesen werden können. Theorielastig wirken dabei nur einige wenige Abschnitte des Textes. Insgesamt sind ungefähr 450 Literaturhinweise über die Kapitel verteilt, wobei sich die meisten auf Arbeiten aus der Zeit von 1993 bis 2003 beziehen. Eine zusätzliche Auswahl von Literaturstellen, die für eine intensivere Beschäftigung mit einem Thema besonders geeignet sind, wäre hilfreich gewesen.

Kapitel 1 bietet eine Einführung in die Welt der molekularen Nanomagnete, und Kapitel 2 vermittelt die theoretischen Grundlagen magnetischer Wechselwirkungen in molekularen Systemen. In erster Linie werden der Spin-Hamilton-Ansatz und verschiedene Austauschwechselwirkungen erörtert. Gewisse Grundkenntnisse wären hier durchaus nützlich, um den Ausführungen folgen zu können. Eine sehr kurze Beschreibung der wichtigsten Techniken, die zur Messung magnetischer Eigenschaften von molekularen Nanomagneten angewendet werden, folgt in Kapitel 3. Insbesondere wird erklärt, welche Informationen die einzelnen Messmethoden liefern. Auch hier werden Grundkenntnisse, besonders im Bereich des experimentellen Magnetismus, vorausgesetzt.

In Kapitel 4 werden die wichtigsten Methoden zur Herstellung molekularer Nanomagnete beschrieben. Dem Leser soll vermittelt werden, was sich hinter der chemischen Formel eines molekularen Nanomagneten verbirgt. Berichtet wird in diesem Abschnitt auch über die magnetischen Eigenschaften von Einzelmolekülmagneten vom Mn_{12} -, Mn_4 - und Fe_8 -Typ, den bisher am besten untersuchten Systemen. Die Spinkopplungsschemata sind abgebildet, und der effektive Spin-Hamilton-Operator für jede Spezies wird diskutiert.

In Kapitel 5 beschäftigen sich die Autoren mit der thermisch aktivierten magnetischen Relaxation von molekularen Magneten. Übergangswahrscheinlichkeiten und wichtige Gleichungen werden vorgestellt, außerdem werden die grundlegenden Merkmale der Spin-Phonon-Wechselwirkung beschrieben. Zum besseren Verständnis der Ausführungen kann der Rezensent die Lektüre des Buchs *Electron Paramagnetic Resonance of Transition Ions* von Abragam und Bleaney empfehlen.

Das magnetische Tunneln eines isolierten Spins wird detailliert in Kapitel 6 besprochen. Neben einer Diskussion der numerischen Diagonalisierung findet der Leser hier viele Herleitungen analytischer Daten. Sogar auf „diabolische Punkte“ wird eingegangen. In Kapitel 7 werden Pfadintegrale erklärt. Diese Einführung ist recht hilfreich, um die Phänomene Tunneln und Quanteninterferenz zu verstehen. In Kapitel 8 wird das Tunneln in einem zeitabhängigen magnetischen Feld beschrieben, und in Kapitel 9 folgt ein kurzer Bericht über die Wechselwirkung eines Spins mit seiner externen Umgebung. Das Hauptaugenmerk liegt hier auf der Hyperfeinwechselwirkung und der dipolaren Wechselwirkung zwischen molekularen Spins.

Tunneln zwischen angeregten Zuständen, Kohärenz und Dekohärenz sind die Themen der Kapitel 10 und 11. In Kapitel 12 werden Unordnungseffekte kurz angesprochen, und in Kapitel 13 findet sich eine knappe Zusammenfassung spezieller Experimente mit Einzelmolekülmagneten. Kapitel 14 ist anderen Typen magnetischer Moleküle, hauptsächlich rad- und gitterförmigen, gewidmet. Im letzten Kapitel gehen die Autoren auf neuere Trends auf dem Gebiet des molekularen Nanomagnetismus ein, wobei besonders magnetische Moleküle auf Oberflächen und kettenförmige Magnete im Mittelpunkt stehen. In einem Anhang werden vor allem mathematische Verfahren vorgestellt.

Den Autoren ist es gelungen, eine Brücke zu schlagen zwischen der vielfältigen Chemie der Nanomagnete und ihrer Physik. Diese Monographie bietet einen schnellen Einstieg in das faszinierende Forschungsgebiet molekularer Nanomagnete, das in Zukunft sicherlich noch an Bedeutung zunehmen wird, und sollte für Fachbibliotheken an Universitäten und Forschungsinstituten eine nützliche Anschaffung sein.

Wolfgang Wernsdorfer
 Laboratoire Louis Néel
 CNRS, Grenoble (Frankreich)

DOI: 10.1002/ange.200685459