

## Curriculum scientifico FABIO CANEPA

La mia attività scientifica ha avuto come filo conduttore lo studio del comportamento dei materiali in campo magnetico. Inizialmente tale attività è stata focalizzata sullo studio sperimentale del comportamento magnetico di nuovi materiali a base di Terre Rare volto sia alla comprensione delle interazioni magnetiche sia alla ricerca di nuovi sistemi (e nuove proprietà) che potessero essere utilizzabili da un punto tecnologico-applicativo. Questo ha portato alla comprensione del ruolo della struttura in sistemi che presentano ordinamenti magnetici multipli ( $\text{Ce}_{16}\text{Ru}_9$ ,  $\text{Yb}_5\text{Si}_3$ ,  $\text{ErFe}_4\text{Ge}_2$ ,  $\text{Gd}_2\text{Ni}_2\text{Cd}$ ,  $\text{Nd}_7\text{Co}_6\text{Al}_7$ ,  $\text{Y}_3\text{Co}_8\text{Sn}_4$  e altri), alla reale coesistenza di ordinamento magnetico e superconduttività nella fasi  $\text{RNi}_2\text{B}_2\text{C}$  o  $\text{RFeAsO}$  (con R terra rara) in collaborazione con il CNR-SPIN di Genova, alla tipologia di accoppiamento magnetico tra sottoreticoli magnetici dovuti alla Terra Rara e all'elemento di transizione (che sono alla base dei moderni magneti permanenti  $\text{SmCo}$  e  $\text{NdFeB}$ ) quali le fasi  $\text{R}_3\text{Co}_8\text{Sn}_4$ ,  $\text{RMn}_6\text{Sn}_6$ ,  $\text{RMn}_6\text{Ge}_6$ . Questa attività è stata resa possibile anche grazie alle diverse collaborazioni internazionali (P. Bonville Centro di Studi di Saclay Francia, G.Malaman Università di Nancy Francia, D. Ryan Università McGill Montreal Canada), sia nazionali (CNR, Università La Sapienza di Roma, Università di Modena e Reggio Emilia) che sono sorte e si sono consolidate nel tempo. Un ulteriore contributo alla caratterizzazione dei sistemi magnetici è stato l'utilizzo della suscettività magnetica complessa (a campo magnetico alternato) come mezzo di informazione per studiare il comportamento di domini magnetici di sistemi magnetici ordinati. In questo modo è stato possibile osservare sia la formazione di strutture omogenee ma magneticamente separate con clusters ferromagnetici dispersi in matrice antiferromagnetica ( $\text{RuSr}_2\text{GdCu}_2\text{O}_8$ ) sia la transizione da struttura ferromagnetica a struttura antiferromagnetica incommensurata ( $\text{Y}_3\text{Co}_8\text{Sn}_4$ ). Questa attività mi ha portato, in collaborazione con M.Solzi del Dipartimento di Fisica dell'università di Parma, alla stesura di un capitolo di libro basato sulla suscettività a campi magnetici alternati (Condensed Matter: New Research Cap.9 ISBN 1-60021-022-8).

Alla fine degli anni '90, il background culturale legato ai composti delle Terre Rare mi ha spinto a interessarmi alla refrigerazione magnetica. Questa tematica, nella quale ricerca di tipo fondamentale e ricerca di tipo industriale si allacciano profondamente, è a tutt'oggi una tematica di punta nella ricerca internazionale della Scienza e dell'Ingegneria dei materiali. La possibile sostituzione del classico ciclo di compressione/espansione di un gas opportuno (un tempo Freon ma ormai fuori legge, attualmente miscele azeotrope di fluoroderivati di idrocarburi a basso impatto ambientale), con un sistema refrigerante basato su un materiale opportuno (ad elevato effetto magnetocalorico) in un ciclo di magnetizzazione isoterma e smagnetizzazione adiabatica presenta elevati vantaggi legati a un minor impatto ambientale, minor consumo energetico (assenza del compressore) e minor inquinamento acustico. In questa tematica di ricerca con forti risvolti applicativi sono importanti le sinergie tra di diverse entità culturali (chimica, fisica, ingegneria...). Ne è conferma la collaborazione che per diversi anni ho avuto con l'ambiente fisico e di scienza dei materiali (M.Solzi Università di Parma) e con l'ambiente ingegneristico (L.A.Tagliafico Facoltà di Ingegneria Genova) che ha portato alla realizzazione di diversi progetti regionali e nazionali nel settore quali un finanziamento della Cassa di Risparmio Genova e Imperia 2007 (40000 Euro), il progetto Regionale "REFMAG" di cui sono stato responsabile scientifico, finanziato dal Parco Scientifico e Tecnologico della Liguria (2007-2008, 230.000 Euro) e il progetto Nazionale FAR n°6728 in compartecipazione industriale (nel quale sono stato responsabile scientifico per l'Università di Genova con un finanziamento di 66.000 Euro). I risultati principali di questi progetti sono stati da un lato la caratterizzazione delle proprietà refrigeranti di diversi materiali ( $\text{GdFeSi}$ ,  $\text{GdNiIn}$ ,  $\text{GdNiGa}$ ,  $\text{Gd}_7\text{Pd}_3$ ,  $\text{Ni}_2\text{MnGa}$ ), dall'altro l'ingegnerizzazione e la costruzione di due prototipi dimostrativi di refrigeratori magnetici a temperatura ambiente a minimo consumo energetico (dipendente solamente dalla movimentazione meccanica del materiale e dal sistema di circolazione del fluido refrigerante, in quanto il campo magnetico è prodotto da un sistema progettato "concentratore di flusso magnetico" a base di magneti  $\text{NdFeB}$ ). Entrambi i filoni di ricerca hanno portato alla pubblicazione di diversi lavori su riviste internazionali e alla pubblicazione di un capitolo di libro (Refrigeration: Theory, Technology, Applications. Cap. 2 ISBN 978-1-61728-230-0).

Più recentemente, l'interesse verso la nuova frontiera della nanotecnologia e la possibilità di partecipare a progetti mirati nel settore biomedico e nel settore industriale mi ha spinto a interessarmi alla sintesi e caratterizzazione di nanoparticelle magnetiche e alla loro possibile funzionalizzazione con derivati organici o come nanocatalizzatori. Il gruppo di ricerca che ho messo in piedi all'interno del mio dipartimento di afferenza vede coinvolti colleghi di diversi settori scientifico disciplinari (03/A2, 03/B1, 03/C1) con competenze complementari. E' stata messa a punto una metodologia di preparazione e caratterizzazione di nanoparticelle di magnetite con ristretta distribuzione di dimensioni e successiva ricopertura con silice come substrato per funzionalizzazione organica. La necessità di controllare *step by step* sia la ricopertura sia le diverse funzionalizzazioni organiche successive ci ha obbligato a mettere a punto una procedura di analisi quantitativa di dati di suscettività magnetica complessa basata su un nuovo modello a due contributi (Rilassamento Browniano e Rilassamento di Néel). I primi risultati sono stati pubblicati sul Journal of Nanoparticle Research.

Contestualmente, ho iniziato una collaborazione con il Laboratorio di Chimica delle Superfici e Catalisi Industriale (G.Busca Facoltà di Ingegneria Università di Genova) sulla preparazione e caratterizzazione di nanoparticelle metalliche per il reforming dell'alcool etilico. Un primo lavoro nel settore riguardante nanoparticelle di cobalto è recentemente apparso su Int. Journal of Hydrogen Energy.

E' iniziata inoltre una collaborazione con il Paul Scherrer Institute (PSI) di Villigen (CH) (Dr. Andrea Testino, Prof. Christian Ludwig) sempre sull'utilizzo di nanoparticelle metalliche per applicazioni catalitiche.

Le approfondite competenze che ho acquisito in questi anni nel campo del comportamento magnetico dei materiali hanno permesso il mio coinvolgimento, in qualità di responsabile dell'unità di ricerca di Genova del CNR – istituto IMEM, al progetto europeo "MAGDRIVE" il cui obiettivo è la costruzione di un prototipo di "*Harmonic Drive*" operante a temperature criogeniche (60K) per applicazioni spaziali.. In tale progetto, l'unità CNR partecipante è formata da CNR-IMEM e da CNR-SPIN e con tale unità (Dr. Carlo Ferdeghini, Dr. Alberto Martinelli) ho attivamente collaborato. Il progetto, conclusosi il 31/01/2014, è perfettamente riuscito: ne è conferma il report finale della Commissione europea (Scientific Reviewer Dr. Eric Favre e Project Officer Mr. Christos Ampatzis) che ha giudicato eccellente lo svolgimento complessivo del progetto

Elenco pubblicazioni degli ultimi 5 anni (in grassetto le pubblicazioni in collaborazione con CNR-SPIN)

**“Magnetic characterization of undoped and 15%F-doped LaFeAsO and SmFeAsO compounds”** M.R. Cimberle, F. Canepa, M. Ferretti, A. Martinelli, A. Palenzona, A.S. Siri, C. Tarantini, M. Tropeano, C. Ferdeghini, *J.Magn.Magn.Mater.* 321 (2009) 3024

**“Non saturating linear resistivity up to 900 K in MgB<sub>2</sub>”**, I.Pallecchi, C.Belfortini, F.Canepa, C.Ferdeghini, P.Manfrinetti, A.Palenzona, R.Vaglio, M.Putti, *Phys.Rev.B* 79 (2009) 134508

**“Effect of chemical pressure on spin density wave and superconductivity in undoped and 15% F-doped La<sub>1-y</sub>Y<sub>y</sub>FeAsO compounds”** M. Tropeano, C. Fanciulli, F. Canepa, M. R. Cimberle, C. Ferdeghini, G. Lamura, A. Martinelli, M. Putti, M. Vignolo, and A. Palenzona *Phys.Rev.B* 79 (2009) 174523

**“Coexistence of long-ranged magnetic order and superconductivity in the pnictide superconductor SmFeAsO<sub>1-x</sub>F<sub>x</sub> (x=0, 0.15)”** D. H. Ryan, J. M. Cadogan, C. Ritter, F. Canepa, A. Palenzona, and M. Putti, *Phys. Rev B* 80 (2009) 220503

“Electronic, electrical and thermodynamic properties of Ca<sub>5</sub>Si<sub>3</sub> by first principles calculations and low temperature experimental techniques” S. Brutti, D. Nguyen-Manh, D.G. Pettifor, P. Manfrinetti, M. Napoletano, F. Canepa, *CALPHAD: Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry*, 33 (2009) 260

“Magnetic behavior of a polyfluoro-acridine based organic molecular material” Paolo Campiglio, Marcello Campione, Carmen Canevali, Luciano Miozzo, Massimo Moret, Antonio Papagni, and Adele Sassella, F.Canepa, Maria Roberta Cimberle, C.Fanciulli. *Eur. Phys. J. B* 73 (2010) 495-501

“A dynamic 1-D model for a reciprocating active magnetic regenerator; influence of the main working parameters” G. Tagliafico, F. Scarpa, F. Canepa, *Int. J. Refrig.* 33 (2010) 286

“Synthesis, characterization and a.c. magnetic analysis of magnetite nanoparticles” P. Riani, M. Napoletano, F. Canepa, *J. Nanopart. Res.* 13 (2011) 7013-7020

“Phonon Density of States and Search for Resonance in LaFeAsO<sub>0.85</sub>F<sub>0.15</sub> (T<sub>c</sub>=26 K)” Z. Yamani, D. H. Ryan, J. M. Cadogan, F. Canepa, A. Palenzona and Andrea Orecchini, *Journal of Physics: Conference Series* 340 (2012) 012074

“Brownian relaxation of magnetic nanoparticles in fluid: the effect of the solvent” M.A.Lucchini, F.Canepa, *J. Nanopart. Res.* 14 (2012) 14:809

**“Invariance of the magnetization axis under spin reorientation transitions in polycrystalline magnets of Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B”** Efren Diez-Jimenez, Jose Luis. Perez-Diaz, Fabio Canepa, and Carlo Ferdeghini, *J.Appl.Phys.*, 112 (2012) 063918

**“Magnetic non-contact Harmonic Drive”** Proceedings of ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition 10.1115/IMECE2013-63718 , (2013) Perez-Diaz, J. L, Diez-Jimenez E., Cristache C., Valiente-Blanco I., Alvarez-Valenzuela M.A., Castro V., Ruiz-Navas E.M., Sanchez-Garcia-Casarrubios J., Ferdeghini C., Canepa F., Hornig W., Carbone G., Plechacek J., Amorim A., Serrano J., Sanz V.

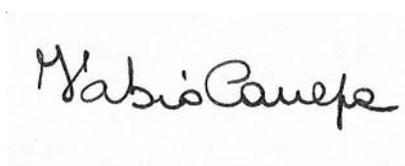
“Cobalt-based nanoparticles as catalysts for low temperature hydrogen production by ethanol steam reforming”, Gabriella Garbarino, Paola Riani, Mattia Lucchini, Fabio Canepa, Shrikant Kawale, Guido Busca, Int. J. Hydrogen En. 38 (2013) 82-91

“Quantitative analysis of the a.c. susceptibility of core–shell nanoparticles”, M.A.Lucchini, P.Riani, F.Canepa, J. Nanopart. Res. 15 (2013) 15:1601

“Unsupported versus alumina-supported Ni nanoparticles as catalysts for steam /ethanol conversion and CO<sub>2</sub> methanation”, G.Busca, G.Garbarino, F.Canepa, P.Riani, M.A.Lucchini, J. Molec. Catalysis A 383-384 (2014) 10-16

“Continuous synthesis of Nickel nanopowders: characterization, process optimization and catalytic properties” M.A.Lucchini, A.Testino, C.Ludwig, A.Kambolis, M.El-Kazzi, A.Cervellino, P.Riani, F.Canepa, Applied Catalysis B: Environmental *proofs in press*

Genova, 08/04/2014

A handwritten signature in black ink on a light-colored rectangular background. The signature reads "Fabio Canepa" in a cursive, slightly slanted script.