

Titolo (ITA/ENG): Studio di nuovi materiali quantici con forte interazione spin-orbita attraverso l'utilizzo di nuclei e muoni come sonde locali / Probing novel quantum materials with strong spin-orbit coupling by using nuclei and muons as local probes.

Progetto di Ricerca / Research project

ITA

L'accoppiamento spin-orbita (SOC), tra spin e momento angolare orbitale degli elettroni, il campo del ligando (LF) e la correlazione elettronica (EC) giocano un ruolo centrale nella definizione degli stati fondamentali magnetici ed in generale elettronici della materia. L'anisotropia del momento angolare orbitale lungo direzioni specifiche è determinata dalla simmetria della LF. Molti dei materiali magnetici rilevanti sono basati su metalli di transizione 3d, e in questo caso le interazioni LF e elettrone-elettrone dominano sul SOC.

In questo progetto l'attività è incentrata sullo studio, mediante tecniche di risonanza magnetica nucleare (NMR) e spettroscopia muonica (MuSR), dell'interazione tra spin, carica e gradi di libertà orbitale che si ritiene governino nuovi stati quantistici di materiali che includano elementi 4d e 5d, per i quali l'interazione SOC diventa rilevante o predominante. La ricerca è incentrata sullo studio di perovskiti ed in aggiunta potrebbe includere anche altri materiali che mostrano rottura spontanea della simmetria dando origine ad ordinamenti magnetici esotici, ordini multipolari, onde di densità di carica e/o superconduttività. Ad esempio, nei composti 4d e 5d la larghezza di banda, lo splitting da campo cristallino dell'orbitale d e la costante di scambio J competono con il SOC. Il loro stato fondamentale è anche altamente suscettibile alle perturbazioni esterne come strain, doping e pressione. Un aspetto rilevante in questi materiali è l'onset dell'ordine magnetico e della superconduttività e le dinamiche di spin per le quali NMR e MuSR (PSI, Villigen e ISIS, Regno Unito) sono tecniche di elezione. Risonanza di quadrupolo nucleare (NQR) e NMR perturbata da quadrupolo sono sensibili ad altri gradi di libertà, come onde di densità di carica, cambiamenti di simmetria locale del cristallo, dinamiche di carica.

Piano di attività / Project plan

Il piano dell'attività prevede:

- misure di risonanza magnetica nucleare e spettroscopia di spin dei muoni in funzione della temperatura e del campo magnetico;
- analisi dei dati;
- implementazione di uno spettrometro a risonanza magnetica nucleare presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna;
- combinazione e integrazione con tecniche di assorbimento di raggi X e confronto con calcoli ab-initio (in collaborazione con gruppi di ricerca delle Università di Vienna, Bologna e Parma);

L'attività sperimentale è svolta in collaborazione con la Brown University (USA) e l'Università di Parma (Italia).

ENG

The spin-orbit coupling (SOC), between spin and orbital angular momenta of electrons, the ligand field (LF) and the electron correlation (EC) play a central role in the definition of magnetic ground states. Anisotropy of the orbital angular momentum along specific directions are driven by the symmetry of the LF. Many of the relevant magnetic materials are based on 3d transition metal oxides, and in this case the LF and electron-electron interactions dominate over SOC.

In this project the activity is focused on the study, via nuclear magnetic resonance (NMR) and muon spectroscopy (MuSR) techniques, of the interaction between spin, charge and orbital degrees of freedom which are believed to govern new quantum states of materials which include 4d elements and 5d, where the SOC interaction becomes relevant or predominant. In this project the activity is focused on the study, via nuclear magnetic resonance (NMR) and muon spectroscopy (MuSR) techniques, of the interaction between

spin, charge and orbital degrees of freedom which are believed to govern new quantum states of materials which include 4d elements and 5d, where the SOC interaction becomes relevant or predominant. The research is focused on the study of perovskites and in addition could also include other materials exhibiting spontaneous symmetry breaking giving rise to exotic magnetic arrangements, multipole arrangements, charge density waves and/or superconductivity. For example, in 4d and 5d compounds bandwidth, d-orbital crystal-field splitting and exchange constant J compete with SOC. Their ground state is also highly susceptible to external perturbations such as strain, doping and pressure. A smoking gun in this game is the onset of magnetic order and superconductivity, and spin dynamics for which NMR and μ SR (PSI, Villigen and ISIS, UK) are techniques of election. Nuclear quadrupole resonance (NQR) and quadrupole perturbed NMR are sensitive to other degrees of freedom, such as charge density waves, local crystal symmetry changes, charge dynamics.

The work plan involves:

- nuclear magnetic resonance and muon spin spectroscopy measurements as a function of temperature and magnetic field;
- data analysis;
- implementation of a nuclear magnetic resonance spectrometer at the Department of Physics and Astronomy in Bologna;
- combination and integration with x-rays absorption techniques and comparison with ab-initio computations (in collaboration with groups in Wien, Bologna and Parma Universities).

The experimental activity is performed in collaboration with the Brown University (USA) and the University of Parma (Italy).