

Frustrazione e parità in catene di spin classiche

Candidato: Mattia Crescioli

Relatore: Paolo Politi¹

In generale, si dice frustrato un sistema fisico i cui gradi di libertà siano soggetti a due o più interazioni che abbiano carattere fra loro competitivo, cioè che favoriscano differenti configurazioni di equilibrio. Fenomeni di frustrazione sono frequenti nei sistemi magnetici.

All'interno dell'elaborato viene studiato lo stato fondamentale di un sistema magnetico rappresentato da una catena unidimensionale di spin accoppiati antiferromagneticamente e soggetti ad un campo magnetico esterno. In questo sistema la frustrazione ha origine dalla competizione fra l'interazione di scambio, che tende ad allineare antiparallelamente gli spin, e l'effetto del campo, il quale favorisce un allineamento parallelo degli spin nella direzione lungo la quale esso è applicato.

Sottolineiamo che attraverso il semplice modello unidimensionale utilizzato, il cui studio è limitato nell'ambito di una teoria classica, è possibile descrivere efficacemente differenti sistemi magnetici reali: fra essi sistemi antiferromagnetici cristallini, sistemi stratificati costituiti dall'alternarsi di film ferromagnetici accoppiati antiferromagneticamente, nanofili costituiti da atomi fra i quali l'interazione è antiferromagnetica e assemblati su un substrato ferromagnetico.

Il sistema caratterizzato da completa invarianza traslazionale (la catena infinita) viene studiato per via analitica; viene mostrato in particolare come l'applicazione di un campo sufficientemente intenso induca in tale sistema una transizione di fase, alla quale si fa riferimento come transizione di spin-flop, attraverso cui lo stato fondamentale passa da una configurazione puramente anticollineare, cioè caratterizzata dall'alternarsi di spin paralleli ed antiparalleli al campo, ad una configurazione in cui gli spin si dispongono in maniera quasi ortogonale al campo, pur mantenendo un'orientazione mutuamente quasi antiparallela.

Per sistemi in cui siano presenti bordi, per i quali non è possibile adottare il formalismo utilizzato nello studio della catena infinita, la determinazione dello stato fondamentale viene effettuata tramite un metodo numerico tipico dei sistemi dinamici, basato sullo studio di una mappa non lineare, bidimensionale e conservativa. Attraverso l'utilizzo di questo metodo viene mostrato in particolare come le caratteristiche dello stato fondamentale di catene finite, al variare del campo applicato, dipendano profondamente dalla parità del numero di spin di cui esse sono composte.

¹paolo.politi@isc.cnr.it