



Università Degli Studi Di Salerno

DOTTORATO DI RICERCA

In

Fisica

Ciclo XII

GIUSEPPE GUARNACCIA

PHASE TRANSITIONS IN STRONGLY
CORRELATED ELECTRONIC SYSTEMS

Tutor:
Prof. Canio Noce

Candidato:
Giuseppe Guarnaccia
8880800091

Coordinatore:
Prof. Canio Noce

A.A 2012/2013

PHSE TRANSITIONS IN STRONGLY
CORRELATED ELECTRONIC SYSTEMS

Giuseppe Guarnaccia

17 luglio 2014

ABSTRACT

We studied the some type of phase transitions in Strongly Correlated Electronic Systems. In particular we rigorously established some exact properties of a multi-orbital Hubbard model, here formulated to describe a nematic phase transition. In the first step, using Bogoliubov's inequality, we rigorously showed that the multiorbital Hubbard model with narrow bands, eventually in the presence of the spin-orbit coupling, does not exhibit long-range nematic order, in the low dimensions. This result holds at any finite temperature for both repulsive and attractive on-site Coulomb interactions, with and without spin-orbit coupling. In the following step, using the reflection positivity method, we showed that this model supports a staggered nematic order if repulsive or attractive on-site inter-orbital and intra-orbital interactions and off-site repulsive inter-orbital interaction are considered. Depending on the dimensions of the lattice where the model is defined, the order may or not may exist. Indeed, in three dimensions the order may exist at finite temperature, and we get the condition for its existence finding out an upper bound for the critical temperature. On the other hand, for two dimensional lattices, the order may exist at least in the ground state, if the hopping amplitude is small enough.

Furthermore, in the final step, we studied the symmetry properties of the non-degenerate Hubbard model with spin-orbit interactions of Rashba and Dresselhaus type. These interactions break the rotational symmetry in spin space, so that the magnetic order cannot be excluded by using the Bogoliubov inequality method. Nevertheless, we rigorously show that the existence of the magnetic long-range orders may be ruled out when the Rashba and Dresselhaus coupling constants are equal in modulus, whereas the η -pairing can be always ruled out, regardless of the microscopic parameters of the model. These results are obtained by imposing locally the $SU(2)$ gauge symmetry on the lattice, and rewriting the spin-orbit interactions in such a way that they are included in the path ordered of the gauge field on lattice.

In questo lavoro consideriamo alcuni tipi di transizioni di fase in Sistemi Elettronici Fortemente Correlati stabilendo, in particolare, alcuni risultati rigorosi riguardanti il modello di Hubbard multibanda dove possono presentarsi ordini a lungo raggio di tipo orbitale. In un primo passo, usando la disuguaglianza di Bogoliubov, mostriamo che il modello di Hubbard multibanda con interazione spin orbita non presenta ordine nematico in sistemi a bassa dimensionalita'.

Questo risultato vale a temperatura finita e se consideriamo interazione Coulombiana on-site repulsiva o attrattiva con o senza interazione spin orbita. Nel passo successivo, usando il metodo degli Infrared Bounds e condizione di Reflection Positivity, mostriamo che il modello presenta uno Staggered Nematic order almeno nello stato fondamentale se consideriamo on-site Interazione Coulombiana repulsiva o attrattiva ed una interazione Coulombiana repulsiva fra elettroni appartenenti alla stessa banda e siti reticolari primi vicini. I sistemi considerati sono definiti su reticoli bidimensionali o tridimensionali sui quali diamo delle condizioni necessarie affinché l'ordine esista.

Infine, considerando il modello di Hubbard non degenere su reticoli uni e bidimensionali, studiamo le sue proprietà di simmetria se vengono aggiunte interazioni spin-orbita di tipo Rashba o Dresselhaus. Queste interazioni rompono la simmetria rotazionale nello spazio dello spin, quindi l'ordine magnetico non può essere escluso utilizzando la disuguaglianza di Bogoliubov. Comunque riscrivendo l'interazione spin orbita in termini di una teoria di Gauge $SU(2)$ siamo in grado di dire che l'ordine magnetico è assente se le costanti di accoppiamento delle interazioni Rashba e Dresselhaus sono uguali.