

Ordinamento di fase nel modello di Ising cinetico

Relatore: Paolo Politi
Candidato: Giacomo Rossato
Università degli Studi di Firenze

Sommario

In questo lavoro di tesi abbiamo considerato transizioni di fase, le quali comportano bruschi cambiamenti delle proprietà fisiche del sistema, come ad esempio la densità, la conducibilità elettrica, la magnetizzazione, la struttura cristallina, la suscettività magnetica. In particolare abbiamo considerato la transizione paramagnete-ferromagnete, che è una transizione del secondo ordine perché al variare della temperatura la magnetizzazione varia in maniera continua, passando da un valore nullo per T maggiore della temperatura critica T_c a un valore diverso da zero per $T < T_c$.

Effettuando una variazione brusca della temperatura (quenching) da $T_i > T_c$ a $T_f < T_c$, il sistema viene portato fuori dall'equilibrio e siamo interessati a studiare il processo di rilassamento verso lo stato di equilibrio a $T = T_f$. Microscopicamente gli spin del sistema tendono a formare domini ordinati sempre più grandi, in cui sono orientati come i propri vicini: questo processo è detto coarsening.

In questa tesi abbiamo considerato il modello di Ising unidimensionale, in cui la temperatura critica $T_c = 0$. Questo significa che lo stato finale non sarà completamente ordinato, ma se T_f è sufficientemente bassa il sistema è composto da regioni ordinate arbitrariamente grandi. In questo caso il coarsening si arresta quando i domini raggiungono una taglia media $L_s(T)$, pari alla lunghezza di correlazione ξ di equilibrio. Abbiamo scelto il caso unidimensionale per vari motivi: all'equilibrio esso è risolvibile in maniera esatta e le simulazioni richiedono algoritmi più semplici e minore potenza di calcolo. Inoltre la dinamica di coarsening è comprensibile analiticamente attraverso lo studio dei processi microscopici.

All'equilibrio il modello di Ising permette di descrivere diversi sistemi con parametro d'ordine scalare, in particolare esiste una corrispondenza tra un gas reticolare e un sistema magnetico: un gas reticolare corrisponde ad un magnete di Ising con magnetizzazione costante e il suo stato fondamentale è quello in cui il sistema è composto da solo due domini di spin opposti. All'equilibrio non vi sono differenze tra un sistema magnetico vero e proprio e il gas reticolare: il comportamento critico è lo stesso. Quando invece studiamo il rilassamento verso l'equilibrio il loro comportamento è diverso.

Nel caso con magnetizzazione non conservata il processo microscopico fondamentale è lo spin flip (inversione di un singolo spin) ed è possibile avere rilassamento verso l'equilibrio anche a $T = 0$. Nel caso a magnetizzazione conservata il processo microscopico fondamentale è lo spin exchange (inversione di una coppia di spin opposti). Per il gas reticolare questo significa la diffusione di una particella e non è possibile avere rilassamento verso l'equilibrio a $T = 0$.

In entrambi i casi la legge che governa il coarsening, cioè quella che regola l'aumento con il tempo t della taglia media dei domini, L , è una legge a potenza:

$$L(t) = t^n.$$

Abbiamo trovato numericamente ed analiticamente che $n = 1/2$ nel caso non conservato e $n = 1/3$ nel caso conservato. È noto che questi esponenti sono validi anche in dimensione maggiore di uno.