Prosjekt 4

Benedicte Allum Pedersen, Emil Helland Broll
Fredrik Oftedal Forr

Contents

1 Abstract

2 Introduction

In this project we will study the Ising model in two dimensions. This is a model which is used to simulate phase transitions. The model exhibits a phase transition from a magnetic phase to a phase with zero magnetization. We study electrons in a lattice which is a binary system because each electron only can take two values, spin up or spin down.

The energy we get from the Ising model without an externally applied magnetic field is given by:

$$E = -J \sum_{<kl>}^{N} S_k S_l$$

where $s_k, s_l = \pm 1$ and represents classical spin values. N is the total number of spins and J is a coupling constant expressing the strenght of the interactions between neighboring spins. $< kl >$ indicates that we sum over the spins of the nearest neighbors. We apply periodic boundry conditions as well as the Metropolis algorithm. We also assume that we have a ferromagnetic ordering, so $J > 0$.

3 Oppgave a)

Si meg, hva betyr adjø?
Er det bare trist?
Noe som sårer deg?
Tro meg, vi skal ta adjø
Ikke sånn som sist
Da jeg gikk fra deg

Jeg vil alltid huske deg som en venn
Om vi aldri mer sees igjen
Vi har våre minner
De vil aldri dø
Nå er tiden inne
Til å si adjø

Si meg, hva betyr adjø
Kan det ha verdi, om alt er forbi
Tro meg vi skal ta adjø
Vise vår kjærlighet om vi skilles helt
Jeg vil alltid huske deg som en venn,

Om vi aldri mer sees igjen.

Vi har våre minner
De vil aldri dø
Nå er tiden inne
Til å si adjø
Adjø. . .

$\downarrow$ $\uparrow$
$\uparrow$ $\uparrow$

$\uparrow$ $\downarrow$
$\uparrow$ $\uparrow$

$\uparrow$ $\uparrow$
$\downarrow$ $\uparrow$

$\uparrow$ $\uparrow$
$\uparrow$ $\downarrow$

Jeg står i mørke og skimter lyset i det fjerne
Det er så kaldt jeg søker varme fra en stjerne
Jeg tenker opp når jeg er nede for jeg er en optimist

Jeg har et håp hver gang jeg går omkring i blinde
Det finnes en sol i oss som snart skal begynne å skinne
Som får meg opp når jeg er nede om og om og om igjen

Jeg har en drøm at vi tar vare på hverandre
Og gir det beste i oss selv til alle andre
Jeg tenker opp når jeg er nede om å om å om igjen

Optimist, jeg vet det går bra til sist
Så lenge jeg lever her er jeg en optimist
Jeg er en optimist

Jeg har en tro jeg har ett mål som jeg skal finne
Jeg har en kraft og det er viljen til å vinne
Det får meg opp når jeg er nede om og om og om igjen

Vil at livet blir en dans i lyset
En dans for håpet og en dans for gleden
En dans i frihet og en dans for freden
Det skal gååååååååååå

Optimist, jeg vet det går bra til sist
Så lenge jeg lever her er jeg en optimist

4 Method

4.1 Analytical expressions

When calculating the degenerate energies for the case of 2x2, we start with the equation $E_i = -J \sum_{\langle kl \rangle}^{2} s_k s_l$

The case for all spin up looks like this $\begin{matrix} \uparrow & \uparrow \\ \uparrow & \uparrow \end{matrix}$

And the equation will be.

$$\begin{aligned} E_i &= -J \sum_{<kl>}^{2} s_k s_l \\ &= -J((s_1 s_2 + s_1 s_3) + (s_2 s_1 + s_2 s_4) + (s_3 s_1 + s_3 s_4) + (s_4 s_3 + s_4 s_2)) \\ &= -J((1+1) + (1+1) + (1+1) + (1+1)) \\ E_i &= -8J \end{aligned}$$

The reason why the same interaction is included several times is because of the unit cell repeating itself to inflinity in both x and y derection. Therefore the s_1 will interact with s_2 and s_3 inside the unit cell, and s_2 and s_3 "outside" the unit cell.
When this is known for all the degenerate energies we can calculate the walue of the partian function.

$$z = \sum_{i=1}^{2^n} e^{-\beta E_i}$$

In out case we have $n = 4$ since we have a 2x2 lattice.

$$z = \sum_{i=1}^{2^4} e^{-\beta E_i}$$

$$z = e^{-\beta E_1} + e^{-\beta E_2} + \ldots + e^{-\beta E_1 6}$$

$$z = e^{8\beta J} + 4e^{-\beta \cdot 0} + 2e^{-8\beta J} + 4e^{-\beta \cdot 0} + 4e^{-\beta \cdot 0} + 4e^{-\beta \cdot 0} + e^{8\beta J}$$

$$z = 2e^{8\beta J} + 2e^{-8\beta J} + 16$$

This gives us the ability to calculate the expectationvalue of the energy $\langle E \rangle$

$$\langle E\rangle = \sum_{i}^{2^n} \frac{E_i e^{-\beta E_i}}{z}$$

We know we have several energyvalues which is zero. If we do not write these we get

$$= \frac{-8Je^{8\beta J} + 2\left(8Je^{-8\beta J}\right) + (-8J)\, e^{8\beta J}}{2e^{8\beta J} + 2e^{-8\beta J} + 16}$$

$$= \frac{16J\left(e^{-8\beta J} - e^{8\beta J}\right)}{2(e^{8\beta J} + e^{-8\beta J} + 8)}$$

$$= 8J \frac{e^{-8\beta J} - e^{8\beta J}}{e^{8\beta J} + e^{-8\beta J} + 8}$$

5 Results

6 Discussion

7 Conclusion

8 Bibliography

List of Tables

List of Figures