# Prosjekt 4

#### Benedicte Allum Pedersen, Emil Heland Broll Fredrik Oftedal Forr

## **Abstract**

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...

## Introduction

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 gååååååååååååå

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

#### Method

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

And the equation will be.

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

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.

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

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

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

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

This gives us the ability to calculate the expectation value 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

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

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

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

When this is known we can also calculate the heat capasitace.