

Bachelor's Thesis

Hier steht das Thema der Arbeit in deutsch

Here comes the title of the thesis in english

prepared by

Eric Bertok

from Kassel

at the Institut für Theoretische Physik

Thesis period: 1st April 2009 until 15th July 2009

Supervisor: Dr. ...

First Referee: Prof. Dr. Kehrein

Second referee: Prof. Dr. Kree

Abstract

Here the key results of the thesis can be presented in about half a page.

Keywords: Physics, Bachelor thesis

Zusammenfassung

Hier werden auf einer halben Seite die Kernaussagen der Arbeit zusammengefasst.

Stichwörter: Physik, Bachelorarbeit

Contents

1. Einleitung	1
2. Grundlagen	3
2.1. Unterkapitel Gliederungsebene 2	3
2.1.1. Unterkapitel Gliederungsebene 3	3
3. “Lab course”	5
3.1. Introduction, exact diagonalization	5
3.2. Block diagonalization	5
4. Ergebnisse	7
5. Diskussion	9
5.1. Unterkapitel	9
5.1.1. Unterkapitel	9
6. Zusammenfassung	11
A. Calculation of $[S_i^z, H] = 0$	13
B. zweiter Anhang	15

Nomenclature

Lateinische Buchstaben

Variable	Bedeutung	Einheit
A	Querschnittsfläche	m^2
c	Geschwindigkeit	m/s

Griechische Buchstaben

Variable	Bedeutung	Einheit
α	Winkel	$^\circ$; $-$
ϱ	Dichte	kg/m^3

Indizes

Index	Bedeutung
m	Meridian
r	Radial

Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
max	maximal

1. Einleitung

Diese Vorlage GAUBM für Bachelor- bzw. Masterarbeiten ist eine Überarbeitung der Vorlage von Simon Dreher für Abschlußarbeiten am Institut für Mikrosystemtechnologie (IMTEK) an der Universität Freiburg. Die eigentliche Datei mit der Klassendefinition ist GAUBN.cls, die Sie zusammen mit dieser Datei erhalten haben. Weitere Dateien sind datenumber.sty und die zugehörigen Sprachdefinitionen \datenumber*.ldf. Im Verzeichnis figures finden sich die von der Klasse benötigten Logos (Universität und Physik) sowie Beispielbilder für die Übersetzung dieser Beispieldatei (bthesis.tex). Sie können diese Datei als Vorlage für Ihre Arbeit nutzen und entsprechend modifizieren. Bitte denken Sie daran, sie vorher unter einem eigenen Namen abzuspeichern. Um die Datei anzupassen, gehen Sie wie folgt vor:

Bei den Parametern zu \documentclass[...]{GAUBM} in der Präambel kann man durch Umschalten zwischen english,ngerman und ngerman,english eine deutsche Arbeit (erste Variante) mit Englisch als Alternativsprache bzw. eine englische Arbeit (zweite Variante) mit deutsch als Alternativsprache wählen. Im laufenden Text kann man mit

```
\begin{otherlanguage}{english/ngerman}  
...  
\end{otherlanguage}
```

zur alternativen Sprache wechseln.

Nach \begin{document} müssen zuerst ein paar Befehle mit Information über die Arbeit aufgerufen werden:

1. \ThesisAuthor{Vorname}{Nachname}: Die Argumente sind der Vorname und Nachname der Autorin bzw. des Autors der Arbeit.
2. \PlaceOfBirth{Wohnort}: Der Geburtsort der Autorin bzw. des Autors.
3. \ThesisTitle{Deutscher Titel}{English title}: Der deutsche und englische Titel der Arbeit gemäß Antrag.

1. Einleitung

4. `\Institute{Institut}`: Das Institut, an dem die Arbeit angefertigt wurde.
5. `\FirstReferee[Betreuer/in]{Erste/r Gutachter/in}`: Voller Titel und Name des/r Erstgutachter/in. Ist der Betreuer der Arbeit *nicht* identisch mit dem/r Erstgutachter/in, so muß der volle Titel und der Name des/r Betreuer/in als optionales Argument in eckigen Klammern erscheinen.
6. `\SecondReferee{Zweite/r Gutachter/in}`: Voller Titel und Name des/r Zweitgutachter/in.
7. `\ThesisBegin{Tag}{Monat}{Jahr}`: Datum des Beginns der Anfertigung der Arbeit gemäß Antrag.
8. `\ThesisEnd{Tag}{Monat}{Jahr}`: Datum der Fertigstellung der Arbeit.
9. Optional kann mit

```
\begin{abstract}  
...  
\end{abstract}
```

eine maximal eine halbe Seite lange Zusammenfassung eingefügt werden.

Falls man die Zusammenfassung in der alternativen Sprache verfassen möchte, dann geht das mit der Befehlsfolge

```
\begin{otherlanguage}{english/ngerman}  
\begin{abstract}  
...  
\end{abstract}  
\end{otherlanguage}
```

2. Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen erläutert.

Wichtige Gleichungen, die in der Arbeit häufiger zitiert werden, sollten eine Gleichungsnummer erhalten.

$$a^2 + b^2 = c^2 \tag{2.1}$$

Zum Beispiel wird in Gleichung 2.1 der Satz des Pythagoras angegeben.

Gerade im Bereich der Grundlagen wird viel Literatur zitiert, z.B. [5]. Falls mehrere Literaturzitate auf einmal zitiert werden, ist folgendes z.B. möglich [2–5].

2.1. Unterkapitel Gliederungsebene 2

Hier sollte etwas Text stehen.

2.1.1. Unterkapitel Gliederungsebene 3

Noch ein paar Beispiele zu Abbildungen und Tabellen:

Abbildung 2.1 verdeutlicht ...

Wie die Abb. 2.1 und Tab. 2.1 verdeutlichen ...

Text...

Text...

A-Wert	B-Wert	C-Wert	D-Wert
aaaaaa	bbbbbbb	cccccc	ddddddd
aaaaaa	bbbbbbb	cccccc	ddddddd

Table 2.1.: Tabellenbeschreibung

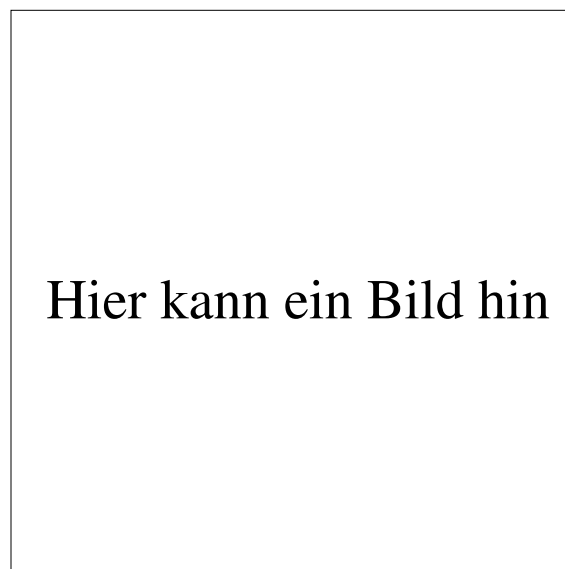


Figure 2.1.: Bildbeschreibung

3. “Lab course”

3.1. Introduction, exact diagonalization

In what follows, we are interested in a one-dimensional XXZ Heisenberg chain with next-nearest neighbour coupling. As such, we consider the following Hamiltonian:

$$H(J, \mu) = H_1(J, \mu) + \lambda H_2(J, \mu), \quad (3.1)$$

$$H_s(J, \mu) = J \sum_{i=1}^N \left[\frac{1}{2} (S_i^+ S_{i+s}^- + S_i^- S_{s+i}^+) + \mu S_i^z S_{s+i}^z \right], \quad (3.2)$$

where the spins are labeled $i = 1, \dots, N$ and J is the interaction constant. The scalar product for the spin operators $\mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_{i+n}$ has been decomposed into creation-annihilation operators $S^\pm = S^x \pm iS^y$ while μ introduces an anisotropy for the z-direction compared to the x and y directions. Finally, λ is a parameter controlling the strength of the next-nearest neighbor (NNN) interactions cf. [1, 4ff.].

First, would like to numerically compute the time evolution of such a system by means of exact diagonalization.

3.2. Block diagonalization

In the following, techniques and notation from [6, 55ff.] are used. The states are denoted as $|S_0^z, S_1^z, \dots, S_{N-1}^z\rangle$, where the subscript $i = 0, \dots, N-1$ refers to the site i of our one-dimensional chain. A particular state is abridgedly labeled by arrows, e.g. $|\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\dots\rangle$. Furthermore, periodic boundary conditions, which are useful for the construction of symmetries but not needed, are assumed ($i = N-1+n \equiv n-1$). Exact diagonalization allows for total knowledge of the system by choosing a basis, setting up a hamiltonian and diagonalizing it numerically. While theoretically applicable to any system size, this method is limited to around 30 spins, as the computational cost for diagonalization is $\propto 8^{\dim. \text{ of basis}}$ [citation needed.] and, without

3. “Lab course”

utilizing symmetries, the spin basis above grows like 2^N .

Symmetries can be used to transform the hamiltonian matrix into block-diagonal form cf. [6, 56] with each block belonging to states with a conserved quantum number, thereby reducing the basis dimension. In this first chapter, only the conservation of z-component of the total spin ($\hat{=}$ total magnetization) $S^z = \sum_{i=0}^{N-1} S_i^z$ is used:

It is easy to verify, using the normal commutation relations for the spin operators [citation needed] that

$$[S_i^z, H] = \frac{1}{2}(A_1 + A_2), \quad (3.3)$$

$$A_n = S_i^+ S_{i+n}^- - S_i^- S_{i+n}^+ - S_{i-n}^+ S_i^- + S_{i-n}^- S_i^+. \quad (3.4)$$

By using the periodic boundary conditions it follows that

$$\sum_{i=0}^{N-1} A_n = \sum_{i=0}^{N-1} (S_i^+ S_{i+n}^- - S_i^- S_{i+n}^+) - \underbrace{\sum_{i=n}^{N-1+n}}_{\equiv \sum_{i=0}^{N-1}} (S_i^+ S_{i+n}^- - S_i^- S_{i+n}^+) = 0, \quad (3.5)$$

and therefore

$$[H, S^z] = 0, \quad (3.6)$$

meaning that S^z is a conserved quantity. By constructing a basis with fixed magnetization, blocks with the same S^z can be diagonalized independently.

4. Ergebnisse

Text... “wewewewewewewe” Dies ist eine Formel $x = y^2$
toll, was ?
citation: [6] F5 - Test:

$$\langle \Psi | \, | \Phi \rangle$$

(4.1)

in eq. (4.1) wird... $\langle 8|s|7|6 \rangle$

Griechische Buchstaben:

$$\alpha\beta\chi\delta\varepsilon\varphi\gamma\eta\iota\kappa\lambda\mu\nu\pi\theta\rho\sigma\tau\nu\varsigma\xi\psi\zeta$$

(4.2)

$$\Delta\Phi\Gamma\Lambda\Xi\Psi\Sigma\Upsilon\Omega$$

(4.3)

$$\langle \Psi | \hat{H} | \Psi \rangle$$

(4.4)

(4.5)

$$\boldsymbol{V} = \vec{V}$$

(4.6)

(4.7)

Label eqs. (4.3) and (4.5)

$$(\partial_\mu\partial^\mu + m^2)\Psi = 0$$

$$\frac{5}{8} = z$$

$$A \circ B$$

$$A \equiv B$$

$$\setminus \cap \times \wedge \cap \cup \subset \supset \leq \geq \dot{A} \ddot{B} \sqrt{A} \Big| \int_{-\infty}^{\infty} \mathrm{d} x$$

4. Ergebnisse

$$\partial_\mu F^{\mu\nu} = \mu_0 j^\nu \quad (4.8)$$

$$\partial_\mu \tilde{F}^{\mu\nu} = 0 \quad (4.9)$$

5. Diskussion

Text...

5.1. Unterkapitel

Text...

5.1.1. Unterkapitel

Text...

6. Zusammenfassung

Text...

A. Calculation of $[S_i^z, H] = 0$

B. zweiter Anhang

Text...

Bibliography

- [1] *Quantum Magnetism (Lecture Notes in Physics)*. Springer, 2004. ISBN 3540214224. URL <http://www.amazon.com/Quantum-Magnetism-Lecture-Notes-Physics/dp/3540214224%3FSubscriptionId%3D0JYN1NVW651KCA56C102%26tag%3Dtechkie-20%26linkCode%3Dxm2%26camp%3D2025%26creative%3D165953%26creativeASIN%3D3540214224>.
- [2] *Prüfverfahren für Hochleistungskeramiken: Allgemeine und strukturelle Eigenschaften: Bestimmung von Dichte und Porosität*. DIN EN 623–2, 1991.
- [3] R. G. Horn. Surface forces and their actions in ceramic materials. *Journal of the American Ceramic Society*, 73:1117–1135, 1990.
- [4] Donald E. Knuth. *The T_EXbook*, volume A of *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, 1984.
- [5] W. Menz and J. Mohr. *Mikrosystemtechnik für Ingenieure*, chapter 1–9. VCH, 1997.
- [6] Anders W. Sandvik. Computational Studies of Quantum Spin Systems. *AIP Conf. Proc.*, 1297:135, 2010. doi: 10.1063/1.3518900.

Danksagung

Dank...

Erklärung nach §13(8) der Prüfungsordnung für den Bachelor-Studiengang Physik und den Master-Studiengang Physik an der Universität Göttingen:

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Abschlussarbeit selbständig verfasst habe, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe und alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen wurden, als solche kenntlich gemacht habe.

Darüberhinaus erkläre ich, dass diese Abschlussarbeit nicht, auch nicht auszugsweise, im Rahmen einer nichtbestanden Prüfung an dieser oder einer anderen Hochschule eingereicht wurde.

Göttingen, den May 18, 2016

(Eric Bertok)