

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor: Bc. Ondřej Dušek
Název práce: Analysis of topological magnetic phases
using generative machine learning models
Studijní program a obor: Physics of Condensed Matter and Materials
Rok odevzdání: 2024

Jméno a tituly vedoucího: RNDr. dr. Pavel Baláž
Pracoviště: FZU – Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences
Kontaktní e-mail: balaz@fzu.cz

Odborná úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

- originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opané

Rozsah práce:

- veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího:

In his master thesis, Bc. Ondřej Dušek studied ability of unsupervised neural networks to analyze numerical results of classical Monte Carlo simulations of a 2-dimensional Heisenberg model on a square lattice featuring nearest neighbors exchange and external magnetic field perpendicular to the lattice. He focused on a case where the ratio between asymmetric exchange, known as the Dzyaloshinskii-Moriya interaction, and an external magnetic field allows formation of a hexagonal skyrmion lattice at low temperatures. The main goal of the thesis was to construct and train a variational autoencoder capable of compressing the original simulation results into low-dimensional latent space and analyzing this effective representation with respect to the physical properties of the samples, such as total topological charge or formation of defects in the skyrmion lattice.

The thesis is generally well written with few factual errors, which does not influence the results of the research. The theoretical part mainly discusses the model Hamiltonian and skyrmion structure. The number of important theoretical aspects, like skyrmion phase diagrams or thermal effects, are omitted. However, the thesis provides an extended introduction to the methods used, namely, artificial neural networks, including the details of the training process and regularization.

To achieve the main goal of the thesis, Bc. Ondřej Dušek constructed a complex variational autoencoder that features multiple convolutional layers with residual connections. The thesis discusses how the training is influenced by the loss function, which does not include only the reconstruction error of the autoencoder but also the latent space regularization error, as well as the energies of the input and output magnetic configurations. The most interesting result of the thesis is the increase in the local reconstruction loss in the neighborhood of a defect in the skyrmion lattice. This effect has been interpreted as a type of anomaly detection in the dataset.

Finally, Bc. Ondřej Dušek inspects the latent state of the studied autoencoder. Namely, he analyzes the ability of the trained model to generate new data. Although it is shown that the generated lattices have far more defects than those in the training dataset, no other analysis or explanation has been provided, leaving this fact as an open problem.

In summary, Bc. Ondřej Dušek implemented a complex model of variational autoencoder to study magnetic configurations featuring skyrmion lattices obtained using Monte Carlo simulations. He demonstrated his advanced programming skills and his ability to interpret abstract results of numerical analysis. However, the negative aspect of his master thesis is a poor physical analysis of some of the results, such as the new data generated by the autoencoder. Nevertheless, Bc. Ondřej Dušek provided a perspective results, which can be a basis for a future scientific publication.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

Práci:

- doporučuji
 nedoporučuji
uznat jako diplomovou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně velmi dobře dobře neprospěl

Místo, datum a podpis vedoucího:

Praha, 2. února 2024