

University of Groningen

The Magnetic and Structural Properties of Layered Materials

Levinsky, Joshua

DOI:
[10.33612/diss.609892107](https://doi.org/10.33612/diss.609892107)

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2023

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Levinsky, J. (2023). *The Magnetic and Structural Properties of Layered Materials*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen. <https://doi.org/10.33612/diss.609892107>

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting

Theoretisch onderzoek heeft laten zien dat magnetisch gefrustreerde, centrosymmetrische materialen met trigonale symmetrieën veel belovende kandidaten zijn om fasen te vertonen die magnetische skyrmionen faciliteren. Het hoofddoel van dit proefschrift is om de (magneto)structurele en magnetische eigenschappen van gelaagde, gefrustreerde magnetische verbindingen met trigonale symmetrieën te onderzoeken.

Een magnetisch skyrmion is een kolkende tweedimensionale spin textuur, verwant aan een magnetische vortex, die topologisch niet-triviaal is. Skyrmionen bevatten een topologisch-gerelateerde energie barrière die een aanvullende stabiliteit biedt. Skyrmion fasen vertonen emergente elektromagnetische verschijnselen zoals beweging die veroorzaakt wordt door zeer lage stromen en het topologisch Hall effect. Deze eigenschappen maken magnetische skyrmionen aantrekkelijke kandidaten voor magnetische dataopslag applicaties zoals racebaan-geheugens, informatie dragers in spin-logica apparaten en artificiële neuronen of synapsen in neuromorfische applicaties. In dit proefschrift worden verscheidene verbindingen onderzocht vanwege hun potentie om magnetische skyrmionen te faciliteren.

Hoofdstuk **3** beschrijft de synthese en magnetostructurele eigenschappen van enkelkristallen van FeCl_3 . Eerdere studies hebben enkele sleutelvragen opengelaten met betrekking tot de magnetische ordening en de evolutie van de magnetisch veldafhankelijke magnetisatie. In dit hoofdstuk laten wij zien dat een antiferromagnetische structuur wordt verkregen beneden $T_N = 8.57$ K, die het best omschreven wordt door een propagatievector die verschilt met de eerder gepubliceerde magnetische structuur. Echter, wanordelijke kristallografische modellen, die een grote dichtheid aan stapelfouten bevatten, zijn noodzakelijk om de diffuse verstrooiing die geobserveerd wordt in poeder neutronen diffractie patronen accuraat te reproduceren. Hierdoor kan de volledige magnetische structuur niet worden bepaald. Een magnetisch veld geïnduceerde spin-reoriëntatie proces wordt waargenomen bij $H = 40$ kOe ($H \parallel c$ -as) en bij een significant lagere veldsterkte van $H \approx 25$ kOe ($H \perp c$ -as), waarbij de spins voornamelijk in het basaal vlak liggen.

Door het invoegen van een enkele laag van grafiet (grafeen) tussen de FeCl_3 lagen kan het effect van een groter wordende interlaagsafstand op de magnetische eigenschappen worden onderzocht. In Hoofdstuk **4** worden de

magnetische eigenschappen van enkellaags grafiet geïntercaleerde FeCl_3 onderzocht. In vorige studies van de magnetische eigenschappen van deze materialen is er inconsistent en monster afhankelijk gedrag waargenomen. Hierdoor is er veel onzekerheid met betrekking tot de aard van de magnetische grondtoestand en het verloop van de magnetische fase onder invloed van extern magnetische velden. Dit hoofdstuk laat zien dat in kleine externe magnetische velden er eigenlijk twee magnetische faseovergangen achtereenvolgens plaatsvinden. Een clusterglasachtige fase, die gekarakteriseerd wordt door een langzame magnetisatiedynamiek, wordt geobserveerd bij $T_{f1} \approx 4.2$ K. De clusterglasachtige fase gaat over in een geordende fase bij $T_{f2} \approx 2.7$ K. Het onderzoek laat de constructie toe van een complex magnetisch fase-diagram die rekening houdt met alle geobserveerde faseovergangen als functie van temperatuur en magnetische veldsterkte.

Verbindingen die behoren tot het systeem van transitie metaal/ethyleendiamine/ SO_4 nemen in het algemeen kristalstructuren aan die leiden tot geometrische frustratie. Hoofdstuk 5 beschrijft de hydrothermale synthese en magnetocalorische eigenschappen van het nieuwe gelaagde organisch-anorganisch hybride materiaal $\text{Co}_4(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2[\text{enH}_2]$. Wij laten zien dat in kleine externe magnetische velden, die gemakkelijk te bereiken met permanente magneten zijn, de waarden van de magnetische entropie en adiabatische temperatuurverandering behoren tot de hoogst gemeten waarden van alle materialen in het bereik van 15-25 K. Dit temperatuurbereik is relevant voor het vloeibaar maken van waterstof. Deze studie laat zien dat op transitie metaal gebaseerde hybride magnetocalorische materialen veelbelovend zijn in een vakgebied dat op het moment gedomineerd wordt door intermetallische stoffen op basis van zeldzame aardmetalen.

In Hoofdstuk 6 worden de hydrothermale synthese en structurele eigenschappen beschreven van vier nieuwe hybride verbindingen op basis van Mn en Fe, die behoren tot het transitie metaal/ethyleendiamine/ SO_4 systeem. Wij tonen dat $\text{Mn}_3(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_2(\text{NH}_4)_2$ een ferro/ferrimagnetische faseovergang ondergaat en dat het magnetische gedrag van $\text{Fe}_7(\text{SO}_4)_{15}(\text{OH})_3\text{H}_2\text{O}[\text{enH}_2]_6$ indicatief is voor een antiferromagnetische faseovergang.