



Doktorandský seminár ÚEF SAV



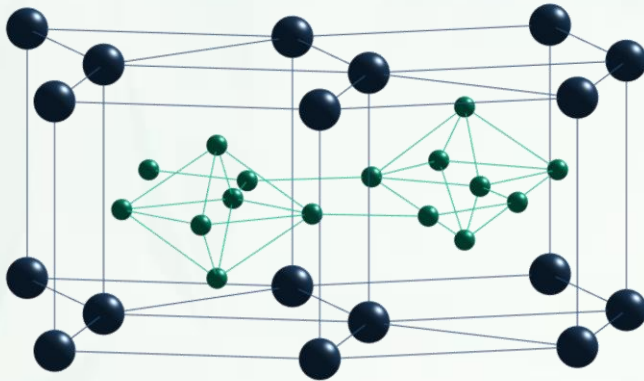
Štúdium kooperatívnych javov vo viazaných elektrónových a spinových systémoch

RNDr. Ľubomíra Regeciová

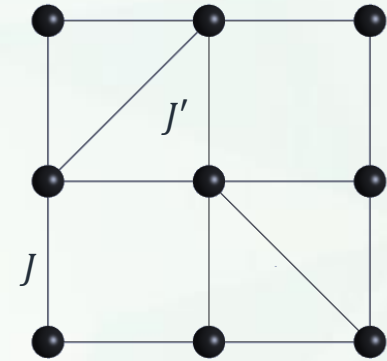
Školiteľ: RNDr. Pavol Farkašovský, DrSc.

Oddelenie: Oddelenie teoretickej fyziky

Tetraboridy vzácnych zemín

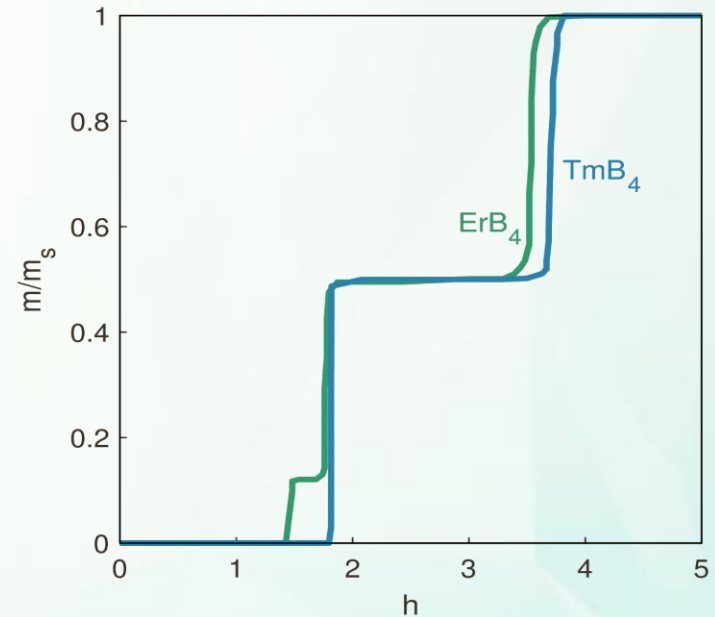


- kryštalizujú v tetragonálnej štruktúre s priestorovou grupou symetrie $P4/mbm$
- ióny R^{3+} v tejto zlúčenine tvoria v rovine (001) štruktúru topologicky identickú so **Shastryho-Sutherlandovou mriežkou**



- týchto zlúčeninách možné pozorovať široké spektrum zaujímavých vlastností, ako napríklad rôzne sekvencie zlomkových magnetizačných zdrží, či výrazný magnetokalorický efekt

TbB_4	$2/9, 1/3, 4/9, 1/2, 7/9$ [1]
DyB_4	$1/2$
HoB_4	$1/3, 4/9, 3/5$ [2]
ErB_4	$1/2$ [2,3]
TmB_4	$1/11, 1/9, 1/7, 1/2$ [4]



[1] S. Yoshi et al, Phys. Rev. Lett. 101, 087202 (2008).

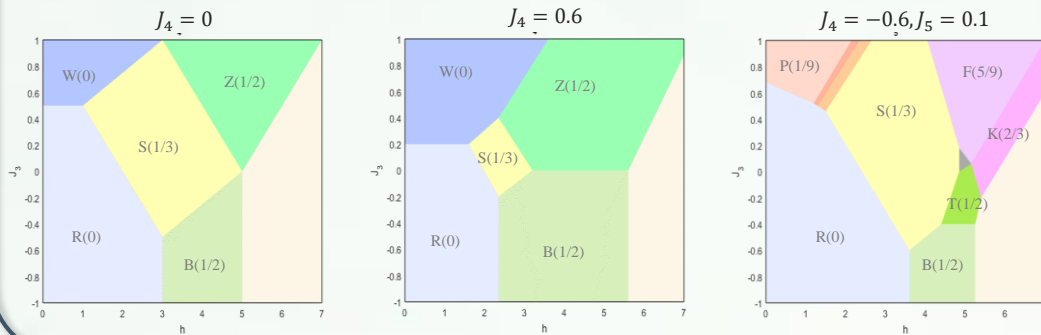
[2] S. Mataš et al, J. Phys. Conf. Ser. 200, 032041 (2010).

[3] S. Michimura et al, Physica B 378, 596 (2006).

[4] K. Siemenmeyer et al, Phys. Rev. Lett. 101, 177201 (2008).

Teoretické výsledky

Zovšeob. Isingov model s d'alekodosahovými interakciami

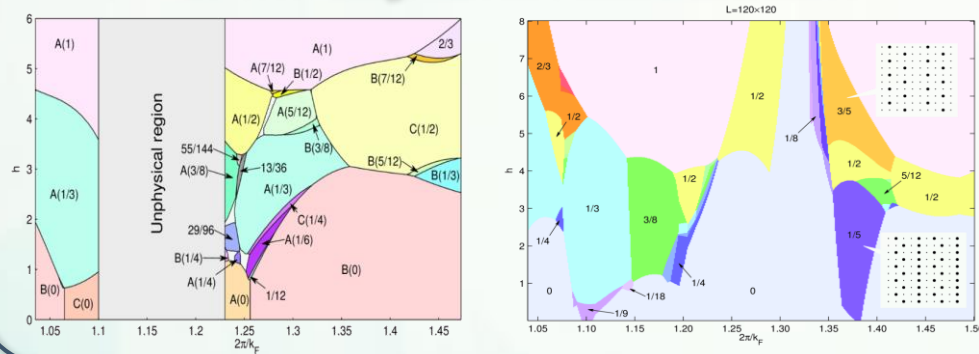


3D modely

Zovšeob. Isingov model s pridanými medzirovinnými interakciami

Zovšeob. 3D Isingov model s exponenciálne klesajúcou interakciou

Zovšeob. Isingov model s RKKY interakciou



Zovšeob. 3D Isingov model s RKKY interakciou odvodenou pre 3D

Spinovo-elektrónový model

➤ dobrá zhoda s experimentálnymi meraniami

Spinovo-elektrónový model so vzájomnou interakciou elektrónov

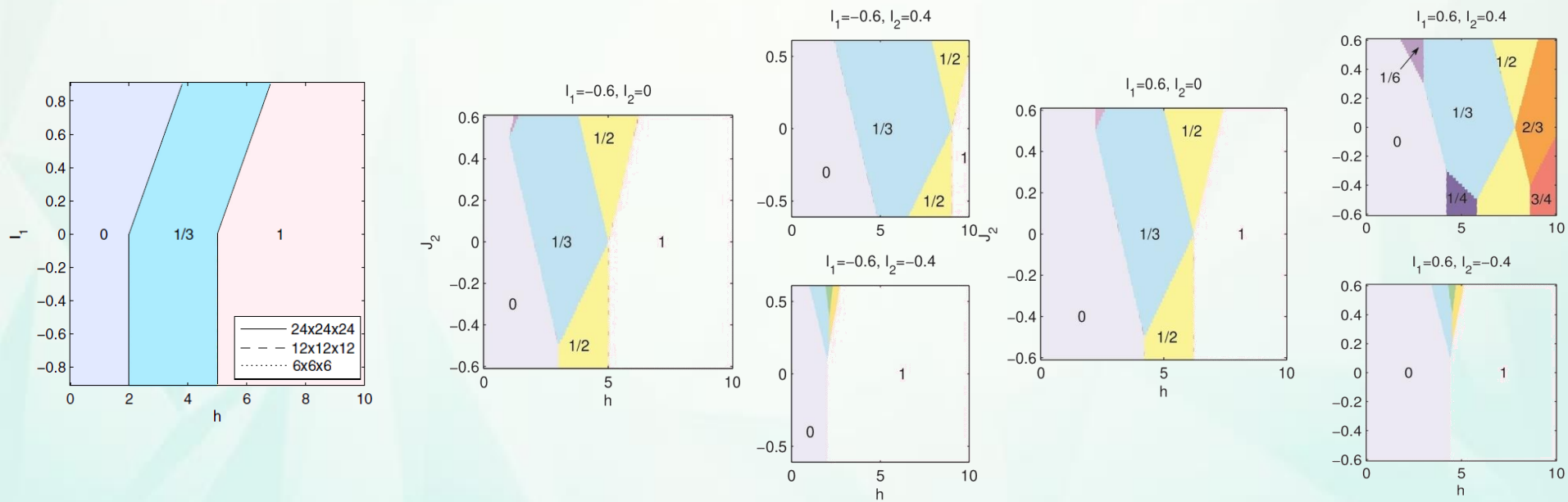
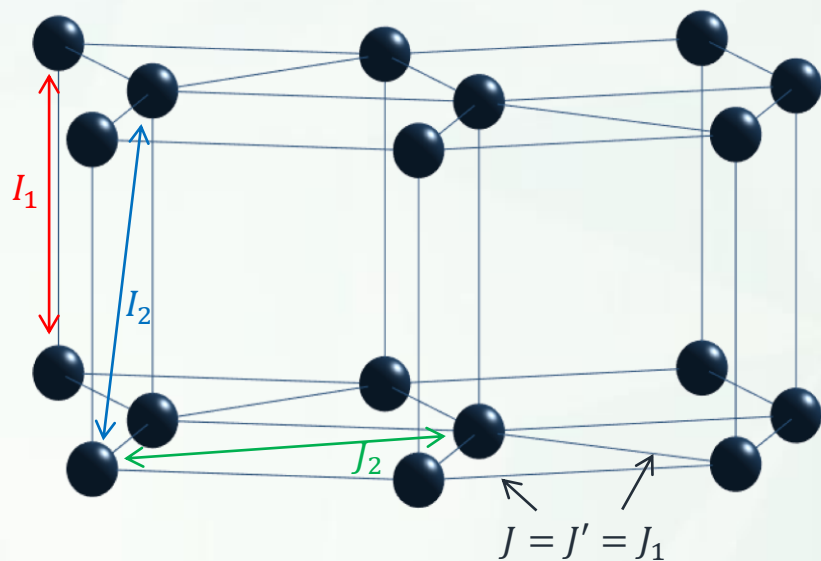
Zovšeobecnený Isingov model s pridanými medzirovinnými interakciami

Vplyv interakcie I_1 ($J_1=1, I_2=0, J_2=0$)

- $I_1 < 0$ oblasti stability fáz ostávajú nezmenené
- $I_1 > 0$ posun fáz s $m/m_s = 0$ a $1/3$ k vyšším h

Vplyv interakcie I_2 ($J_1=1$)

- $I_1=-0.6$ – nevznikajú nové zdrče, menia sa len oblasti stability fáz nájdených pre $I_2 = 0$
- $I_1=0.6$ - okrem $1/3$ a $1/2$ nájdené ďalšie magnetizačné zdrče s $m/m_s=1/6, 1/4, 2/3$ a $3/4$



Zovšeobecnený 3D Isingov model s exponenciálne klesajúcou interakciou

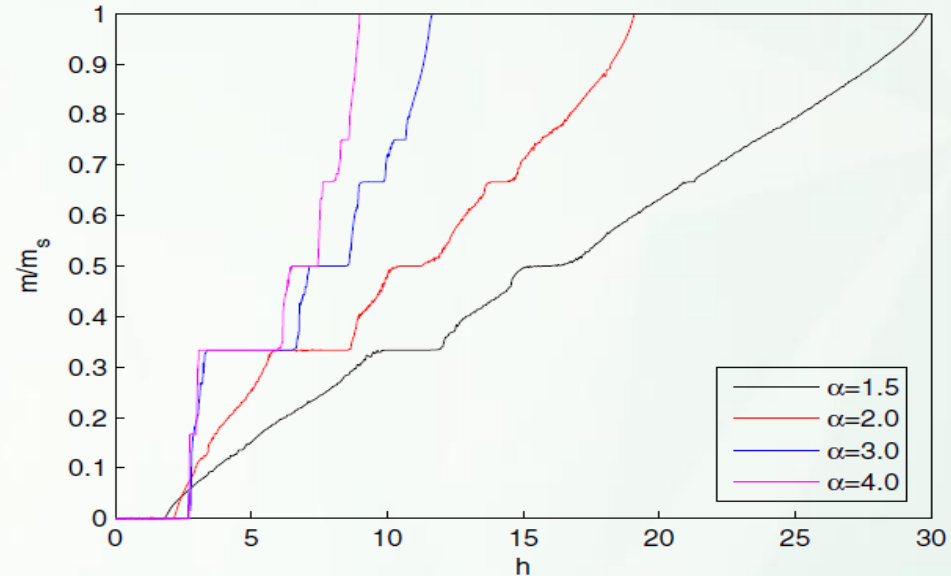
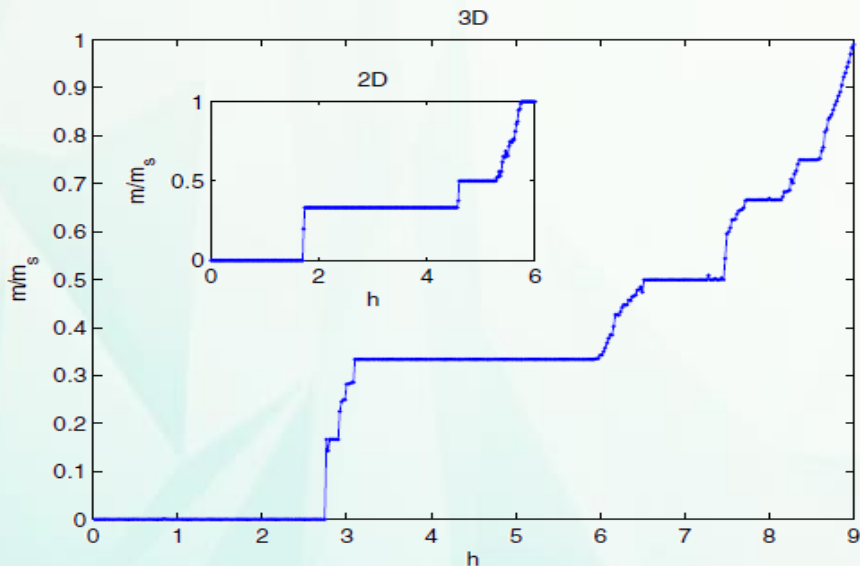
$$J_{ij} = J_0 e^{-\alpha |R_i - R_j|}$$

$\alpha \sim 3$

- nespojitá magnetizačná krivka s magnetizačnými zdržami

$\alpha \sim 2$

- narušená nespojitosť
- zlomové magnetizačné zdrže (okrem 1/2 a 1/3) sa vytrácajú

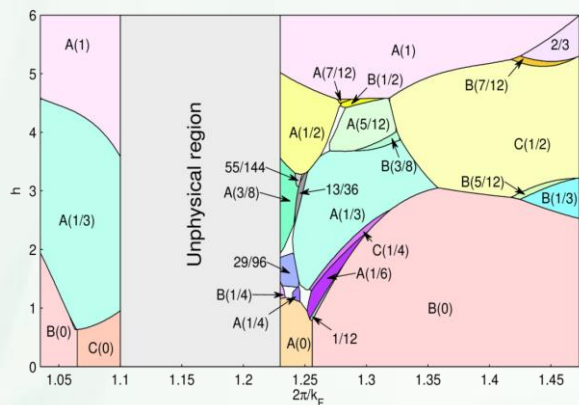


$\alpha = 4$

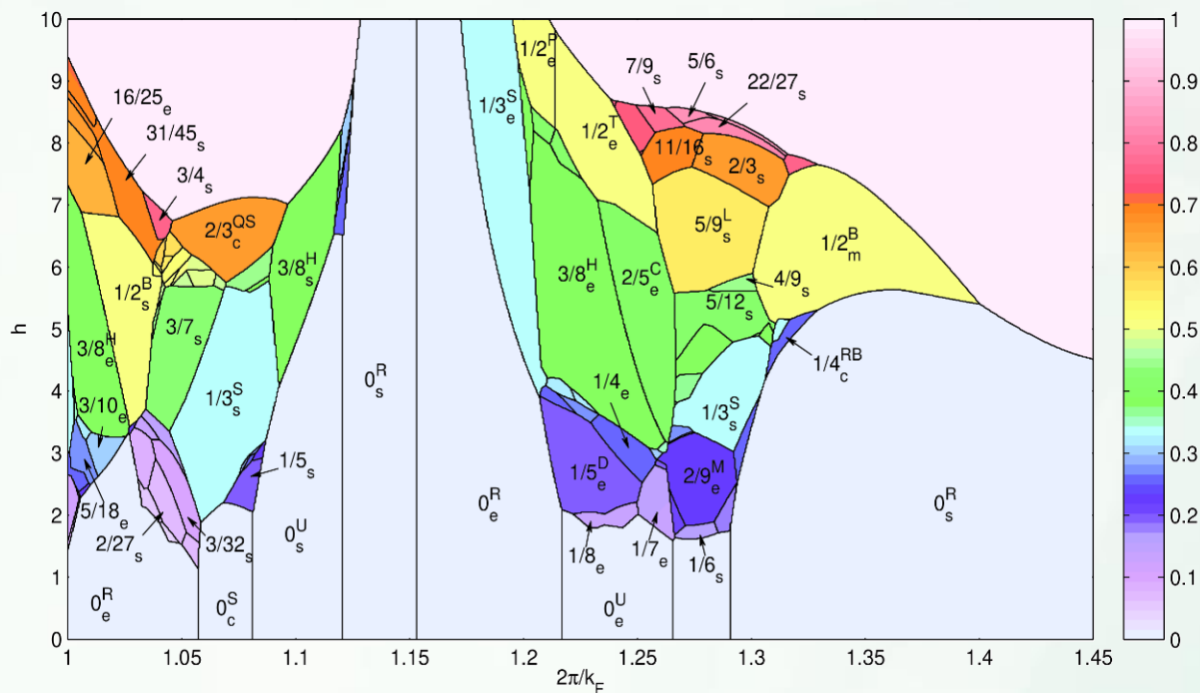
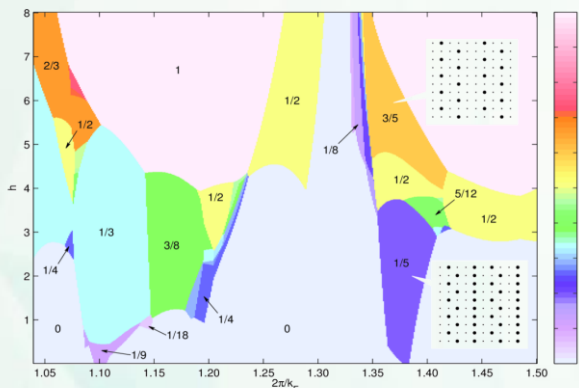
- zlomkové magnetizačné zdrže s $m/m_s = 1/6, 1/3, 1/2, 2/3$ a $3/4$
- vznik zdrží s $m/m_s > 1/2$ – efekt vyššej dimenzie systému a nie modelu

Zovšeobecnený 3D Isingov model s RKKY interakciou odvodenou pre 3D

2D model s 3D FP



2D model s 3D FP



- mag. zdrže s $m/m_s = 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 2/9, 1/4, 1/3, 3/8, 2/5, 5/12, 3/7, 1/2, 5/9$ a $2/3$

$k_F \sim 2\pi/1.24$

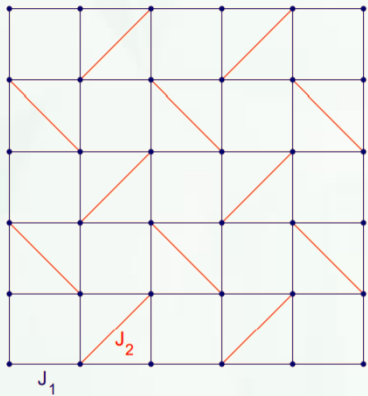
- nájdená sekvencia magnetizačných zdrží s $m/m_s = 0, 1/8, 1/5, 1/4, 3/8, 2/5, 1/2$ a 1

$k_F \neq 2\pi/1.24$

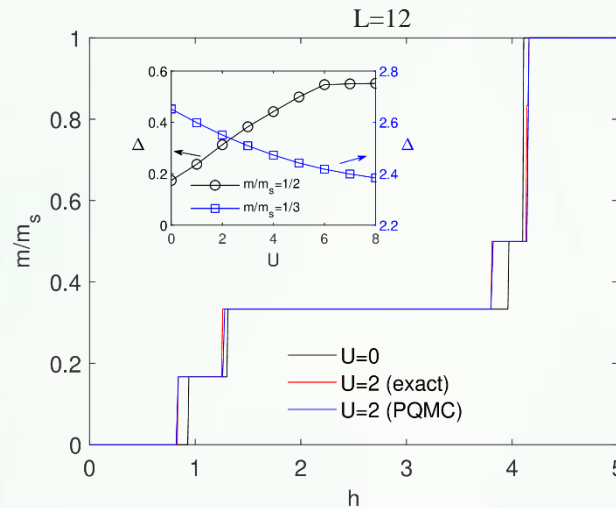
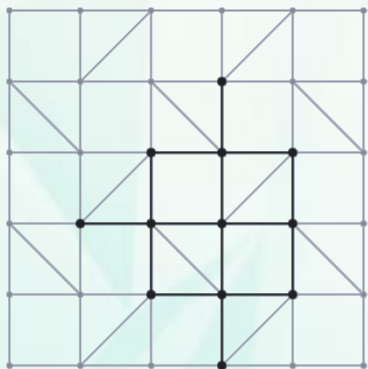
- vplyv dopovania atómami, ktoré do systému prinesú ďalšie vodivostné elektróny (diery)

Spinovo-elektrónový model so vzájomnou interakciou elektrónov

$$H = \sum_{ij} J_{ij} S_i^Z S_j^Z - h \sum_i S_i + \sum_{ij\sigma} t_{ij} d_{i\sigma}^+ d_{j\sigma} + J_z \sum_i (n_{i\uparrow} - n_{i\downarrow}) S_i - h \sum_i (n_{i\uparrow} - n_{i\downarrow}) + U \sum_i n_{i\uparrow} n_{i\downarrow}$$



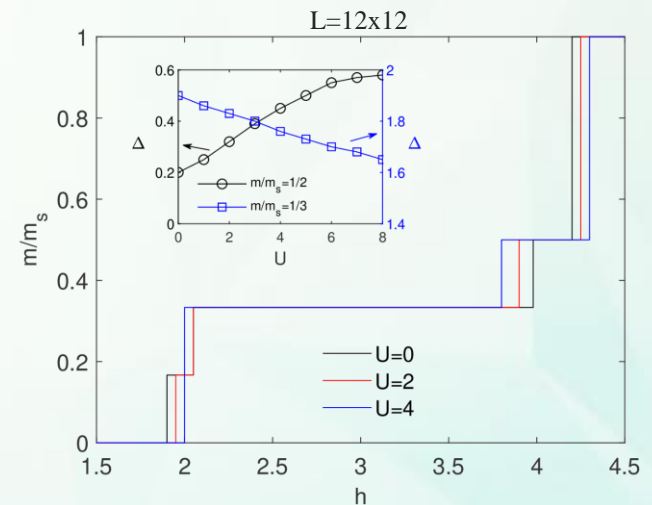
$12t2$



- pridanie nenulovej interakcie U stabilizuje $1/2$ zdrž a zároveň sa oblasť stability $1/3$ zdrže znižuje
- súlad s experimentmi

Parametre: $J_1 = J_2 = 1$,
 $t = t' = 1$,
 $J_z = 4$
 $U \in \langle 0, 8 \rangle$

Metódy: Lanczosova metóda
 kvantové Monte Carlo



Záver

2D modely

Zovšeob. Isingov model s
d'alekodosahovými
interakciami



Zovšeob. Isingov model s
RKKY interakciou



Spinovo-elektrónový
model so vzájomnou
interakciou elektrónov



Spinovo-elektrónový model s
Heisenbergovskými spinmi

3D modely

Isingov model s
medzirovinnými
interakciami

Isingov model s
exponenciálne klesajúcou
interakciou

Isingov model s RKKY
interakciou odvodenou
izotropnú FP



Isingov model s RKKY
interakciou odvodenou
anizotropnú FP

Aplikácia

Popis magnetokalorického
javu spinovo-elektrónovým
modelom

Popis magnetokalorického
javu v dopovaných
 $Tm_{1-x}Lu_xB_4$ systémoch
Isingovým modelom
s d'alekodosahovými
interakciami

Vplyv tlaku
- jednoosý tlak
- hydrostatický tlak

Publikácie

P. Farkašovský and **L. Regeciová**, *Magnetization plateaus and phase diagrams of the extended Ising model on the Shastry-Sutherland lattice: effects of long-range interactions*, Eur. Phys. J. B **92** 33 (2019).

L. Regeciová and P. Farkašovský, *Magnetic phase diagram of the Ising model with the long-range RKKY interaction*, Eur. Phys. J. B **92** 184 (2019)

P. Farkašovský and **L. Regeciová**, *Influence of Interplane Interactions on Formation of Magnetization Plateaus in Generalized 3D Ising Models with Magnetically Coupled Shastry-Sutherland Layers*, J. Supercond. Nov. Magn., DOI: 10.1007/s10948-020-05483-5

L. Regeciová and P. Farkašovský, *Formation of magnetization plateaus in the 3D Ising model with the long-range RKKY interaction: application to rare-earth tetraborides*, Eur. Phys. J. B **93** 110 (2020).

PRIJATÉ

L. Regeciová and P. Farkašovský, *Influence of the long-range RKKY interaction on a formation of magnetization plateaus in the generalized Ising model on the Shastry-Sutherland lattice*, Acta Physica Polonica A

Mat. Orendáč , P. Farkašovský, **L. Regeciová**, K. Flachbart, S. Gabáni, E. Gažo, G. Pristáš, A. Dukhnenko, N. Shitsevalova and K. Siemensmeyer, *Microscopic description of rotating magnetocaloric effect in frustrated antiferromagnetic system TmB₄*, Acta Physica Polonica A

ZASLANÉ

P. Farkašovský and **L. Regeciová**, *Formation of magnetization plateaus in rare-earth tetraborides: Exact diagonalization and Quantum Monte Carlo studies*, J. Supercond. Nov. Magn.

KONFERENČNÉ PRÍSPEVKY

L. Regeciová and P. Farkašovský, *Influence of long-range interactions on formation of magnetization plateaus in the extended Ising model on the Shastry-Sutherland lattice*, 23 Conference of Slovak Physicist Proceedings, 47 (2018). ISBN 978-80-89855-06-3

L. Regeciová and P. Farkašovský, *Influence of interplane interactions on formation of magnetization plateaus in the generalised Ising model on the three-dimensional Shastry-Sutherland lattice*, 24 Conference of Slovak Physicist. Proceedings, 69 (2019). ISBN 978-80-89855-10-0

Ďakujem za pozornosť