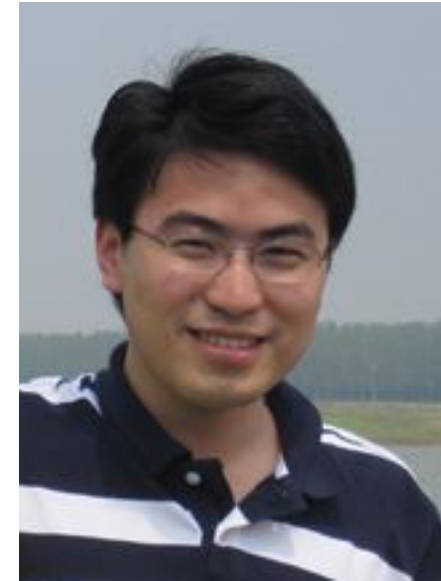




陈 钢

复旦大学物理学系

FEB 2017



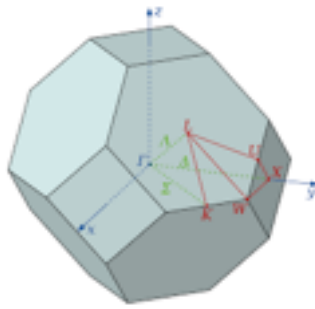
2004 年毕业于中国科技大学
以本校最高荣誉“郭沫若奖”毕业

2010年在UC Santa Barbara获得
物理学博士，导师是Kavli institute的
Leon Balents 教授

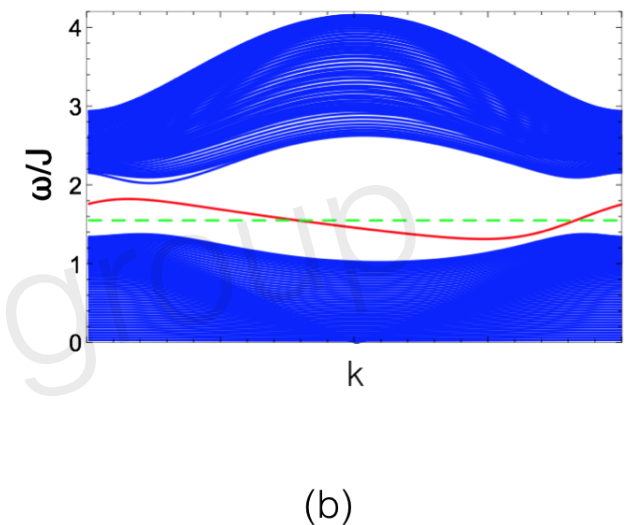
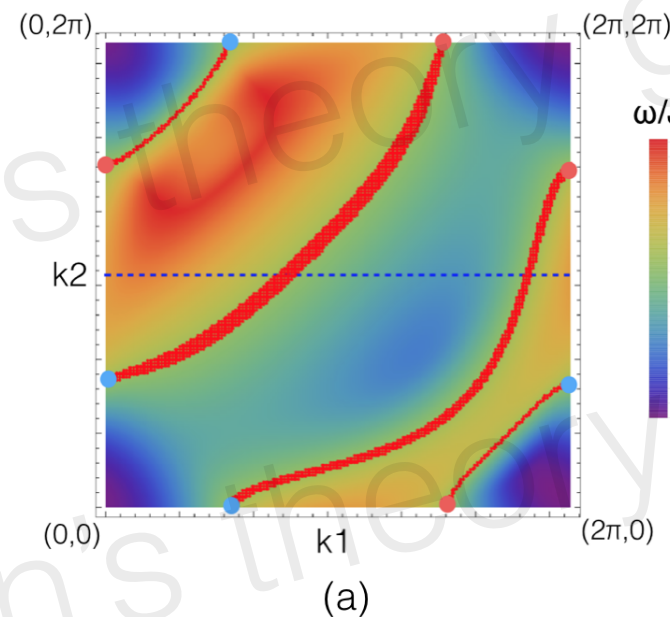
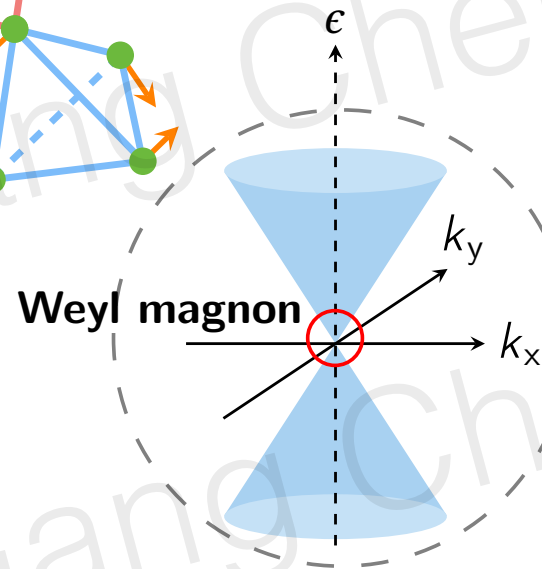
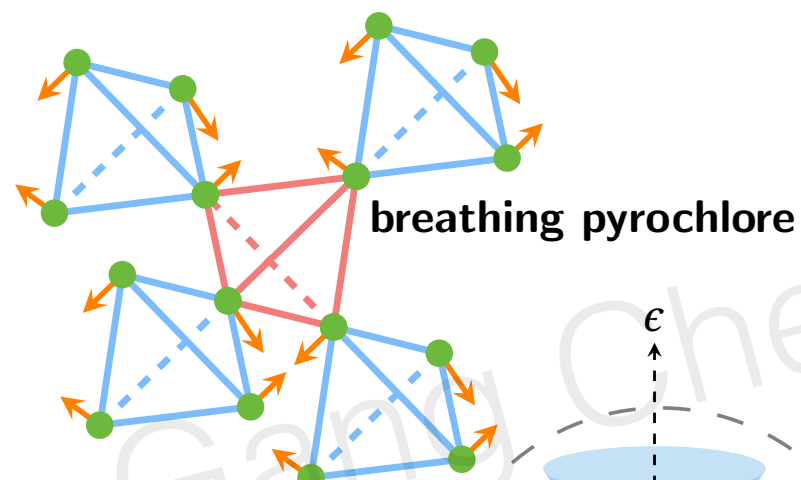
2015年夏，入职复旦大学物理系，为
研究员



提出了“**威尔磁子**” (Weyl Magnon) 的新概念



有序态一般可能是平庸的, 但是基态的平庸并不代表激发态也是平庸的. 磁有序态的元激发可以拥有非平庸的拓扑能带结构。

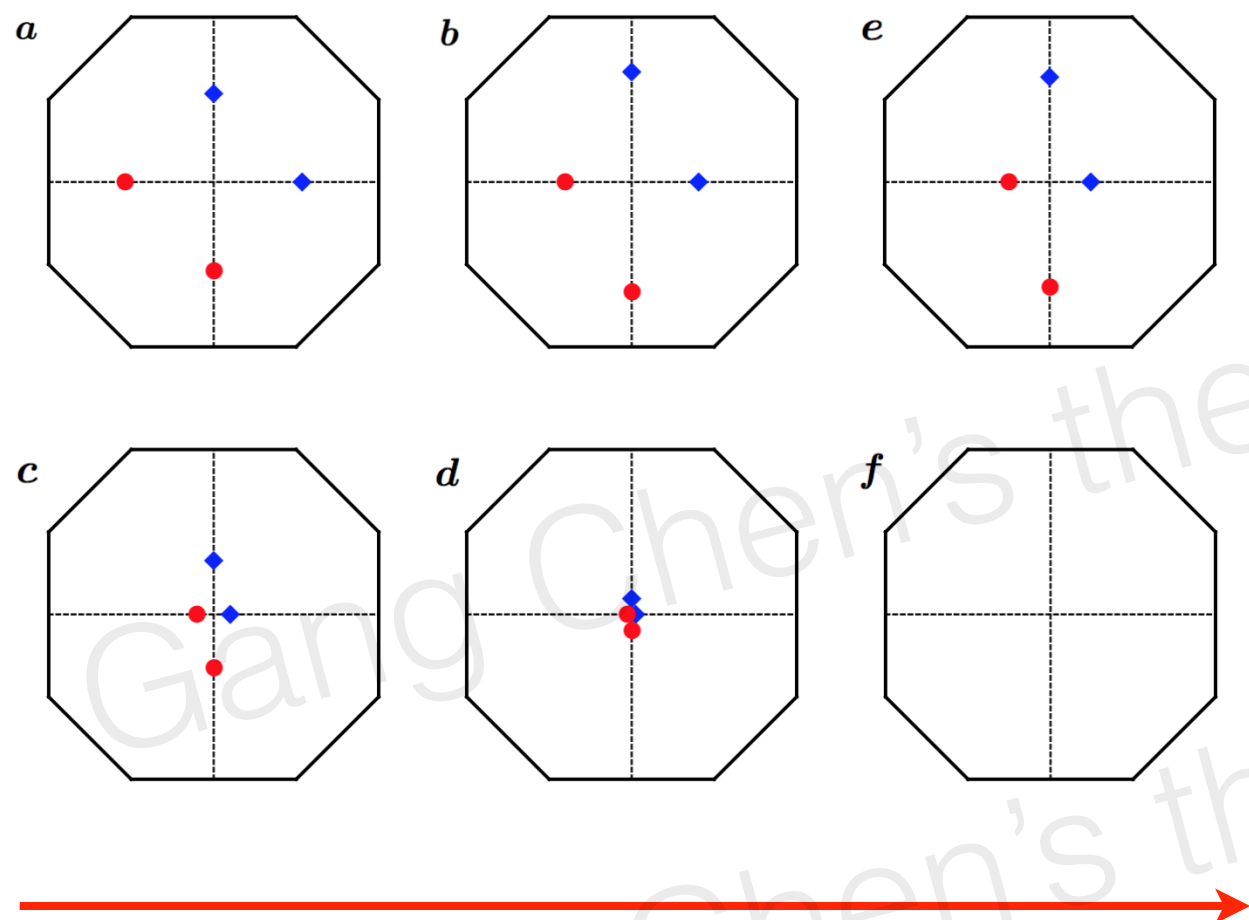


拓扑保护的表面弧

三维威尔磁子 (Weyl Magnon)

F-Y Li, Y-D Li, Kim, Balents, **Yue Yu**, **Gang Chen***,
Nature Communications, 7, 12691, (2016 September)

用外磁场来量子调控“威尔磁子”



由于自旋没有Lorentz 耦合，所以
在外场下，没有所谓的chiral朗道
能级,可以通过外场来调控威尔点,
这是**威尔磁子的独特**的地方！
而中子散射可以直接测量这个过程。

外磁场下威尔点的移动

三维威尔磁子 (Weyl Magnon)

F-Y Li, Y-D Li, Kim, Balents, Yue Yu, **Gang Chen***,
Nature Communications, 7, 12691, (2016 September)

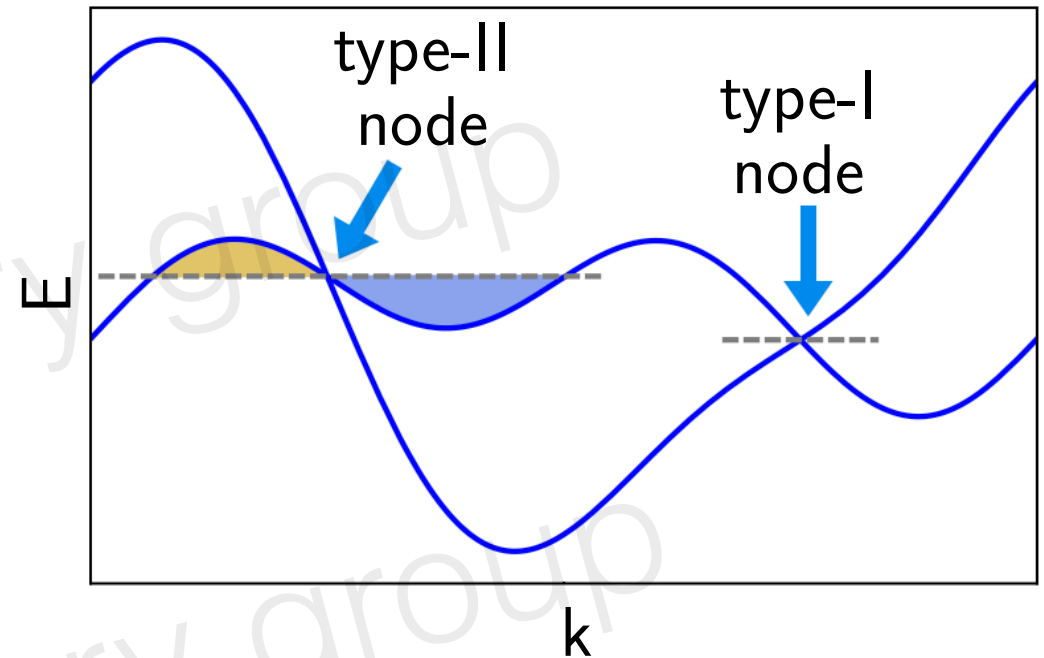
Hybrid Weyl Semimetal

威尔点有两个基本性质:

1. 它的 **chirality**,
2. 它的 **type**.

前者是能带的拓扑(或整体)性质,局域的扰动难以改变它;后者是能带的局域性质,局域的扰动可以改动它。

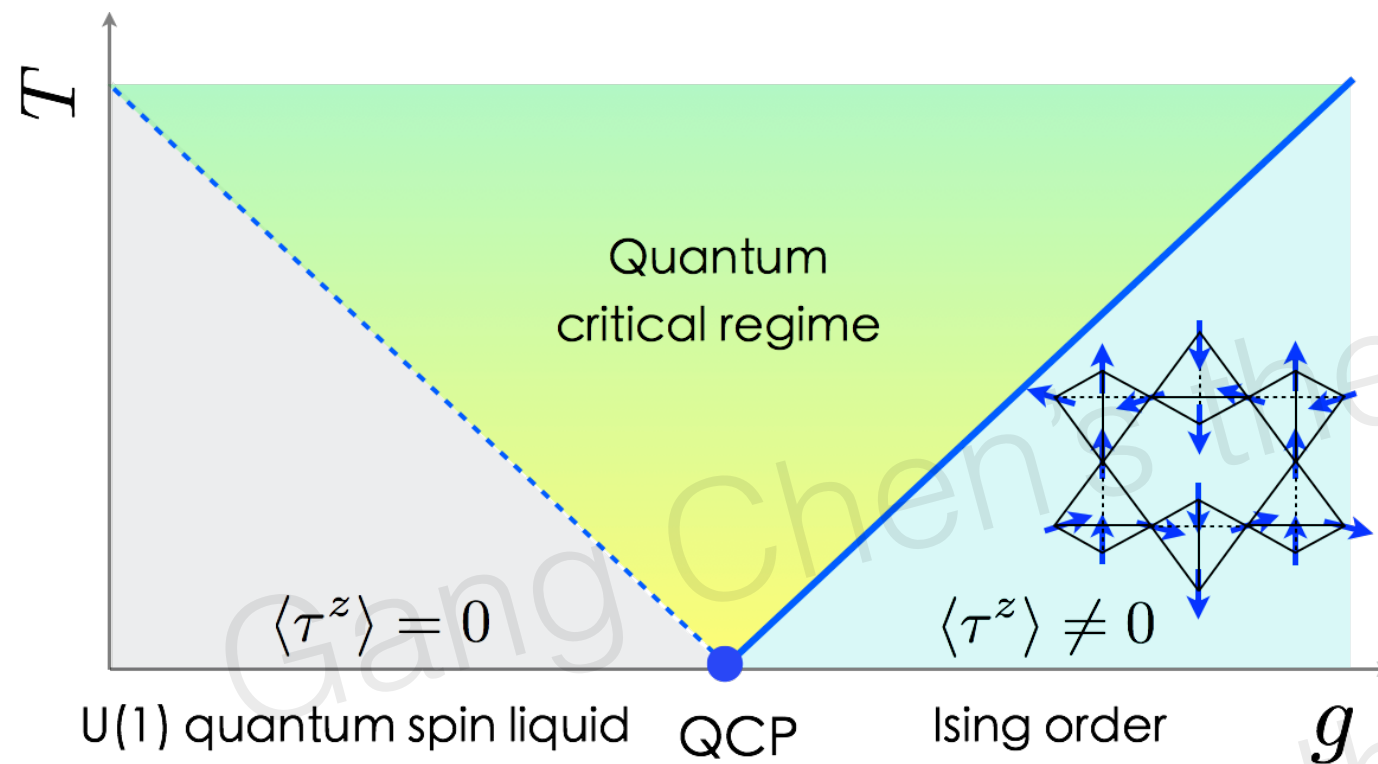
我们因此提出了一种新型的威尔半金属,能带中有chiral对的威尔点的type可以独立地变化,可以出现**杂糅两种type威尔点**的能带结构,称之为“Hybrid Weyl semimetal”.



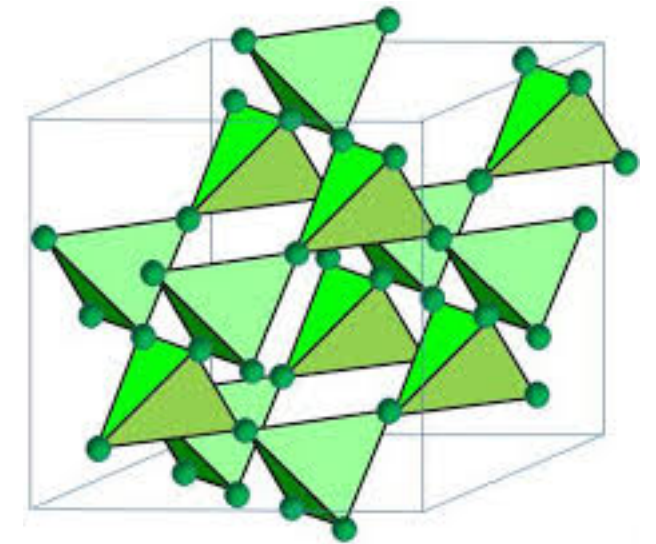
Hybrid Weyl Semimetal

F-Y Li, X Luo, Xi Dai, Yue Yu, F Zhang, **Gang Chen***,
Phys Rev B (Rapid Comm)
94, 121105 (2016)

用近邻相变来间接“confirm” 量子自旋液体



Pr₂Ir₂O₇的理论相图,
Pr 磁矩从一个U(1)量子自旋液体到一个有序态
的相变: 这是一个**磁单极子**凝聚的相变,
类似于**夸克紧闭**的相变, 这个理论得到的序就是
中子实验测量到的序



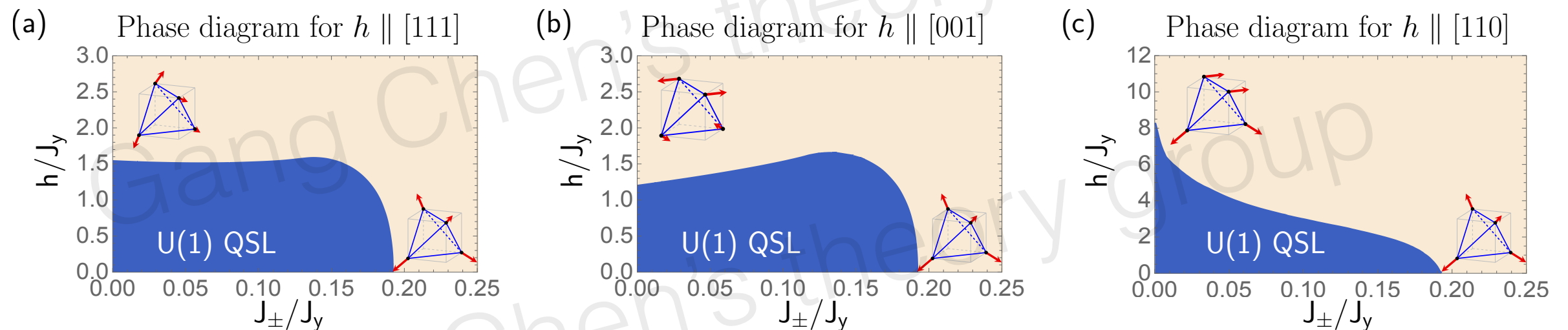
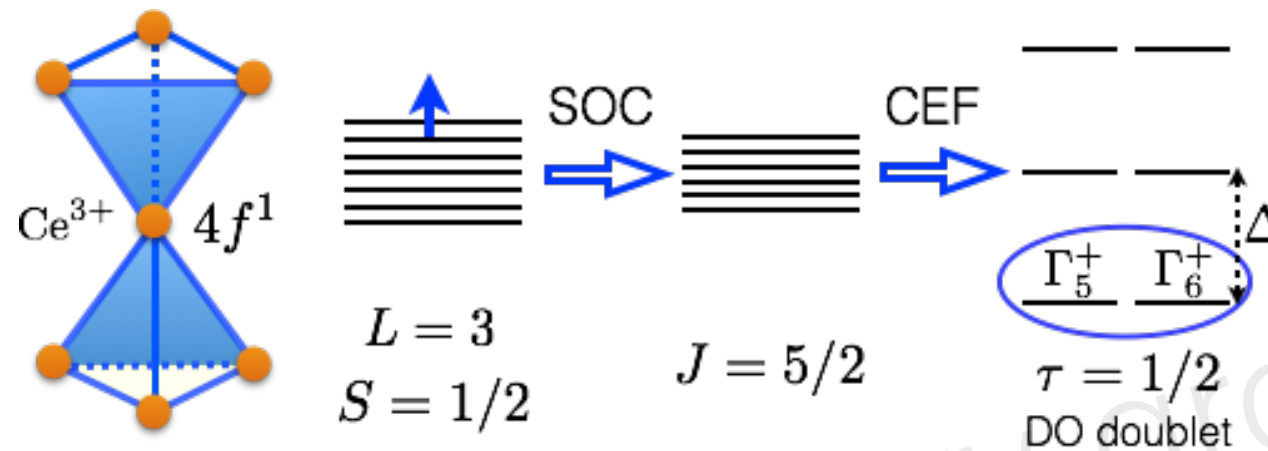
Pyrochlore Lattice

量子自旋液体是物质新的态, 它带有
层展的规范结构和分数化的元激发。

自旋液体到它附近的一般态的
量子相变也往往是非平庸的。

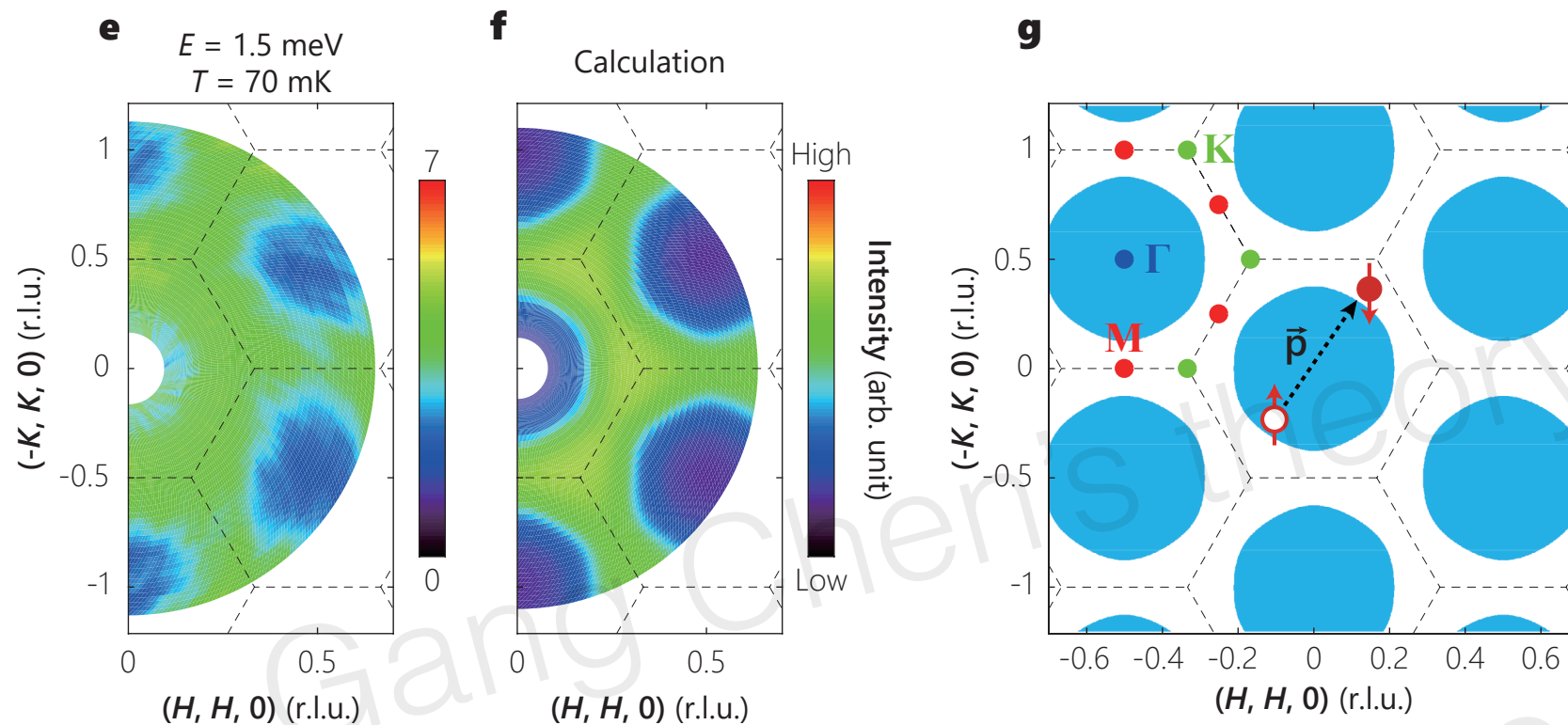
这些非平庸的量子相变
(比如: **deconfined quantum criticality**)
的行为反应了量子自旋液体的特征。

对称丰富的三维 $U(1)$ 拓扑序



提出一个由晶格对称性丰富的 $U(1)$ 拓扑序的模型以及和实验材料($\text{Ce}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$)的联系, 指出如何在实验中探测对称丰富的实验后果和现象。我们强调了外场诱导的 Anderson-Higgs 凝聚机制以及场调控的自旋子连续谱。

自旋子费米面 in YbMgGaO4

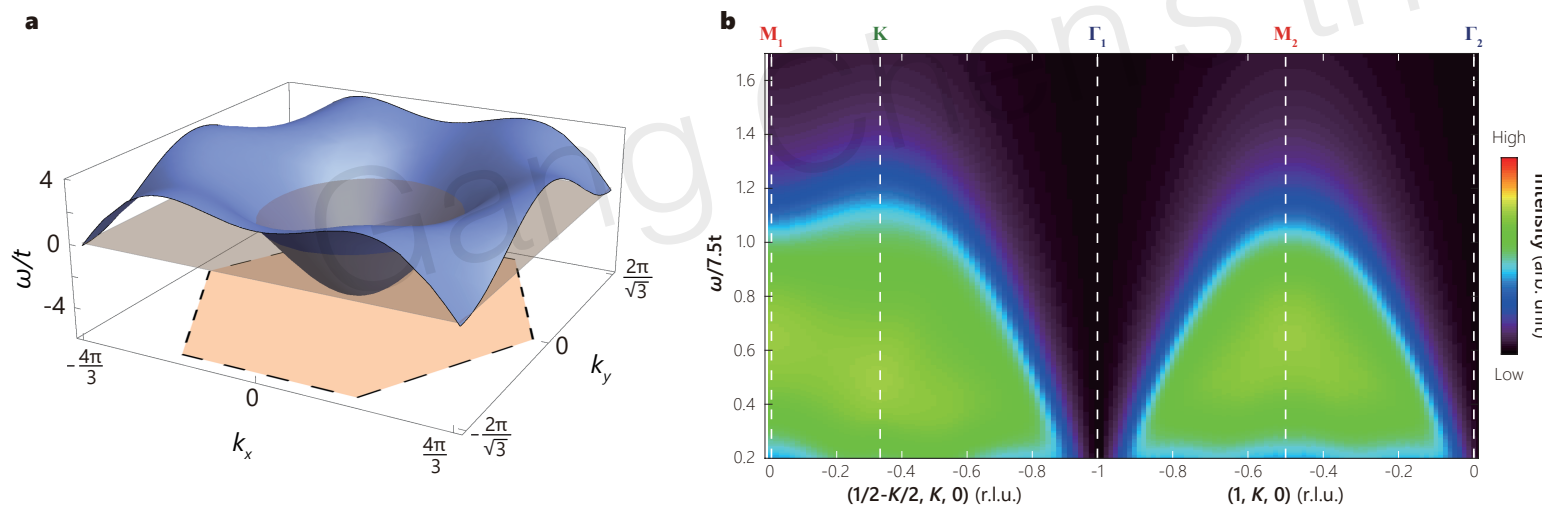


1. 我们提出了一个一般的自旋模型来刻画YbMgGaO4里的低温物理

2. 指出了YbMgGaO4关键的物理是强自旋轨道耦合。

3. 解出了基本的物理相图以及量子涨落之后的相图

4. 解释了赵俊YbMgGaO4中子散射连续谱的物理原因，提出自旋子费米面的基态。



YD Li, X Wang, **G Chen***

Phys Rev B 94, 03510 (2016 July)

Y Shen, YD Li, ... **G Chen***, **J Zhao***

Nature, (2016 Dec)

YD Li, Y Shen, Y Li, J Zhao, **G Chen***

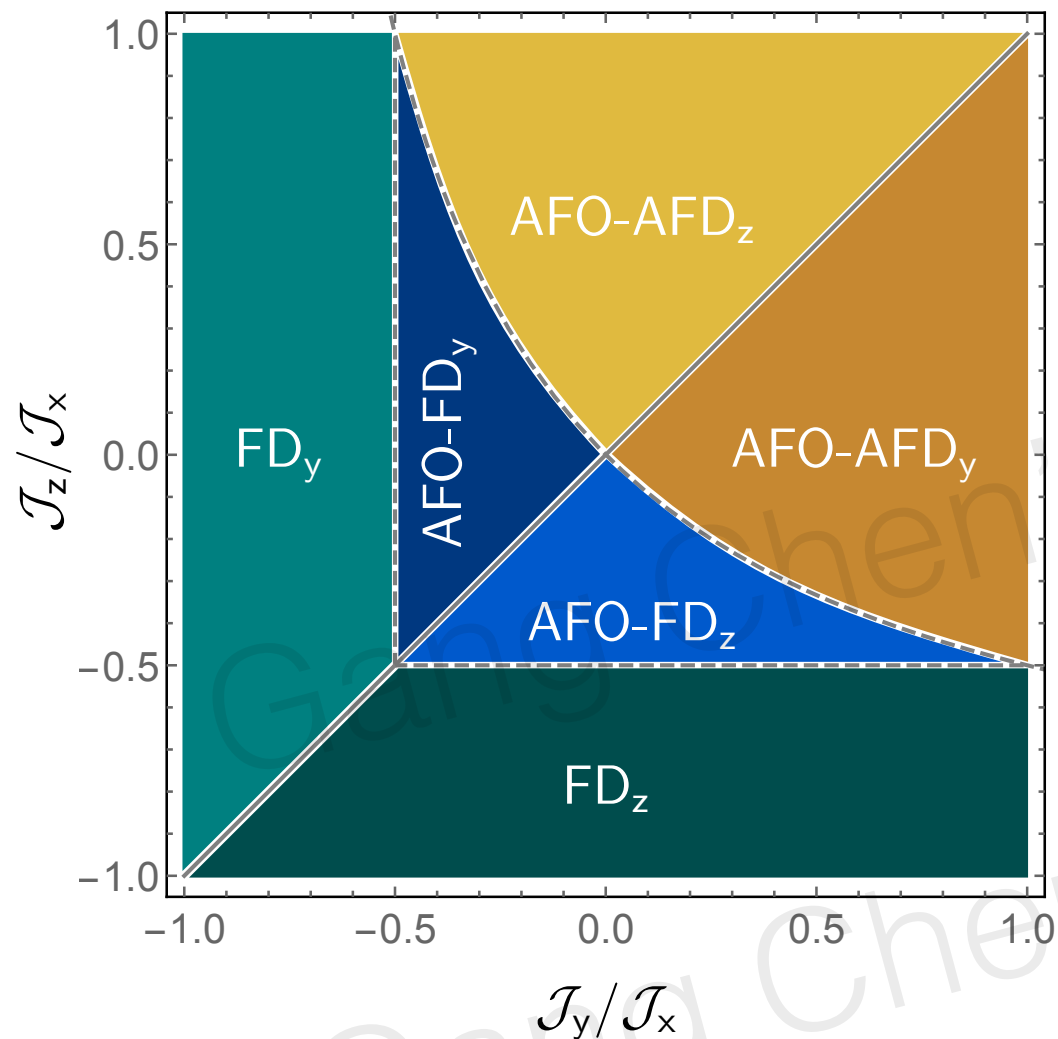
arXiv:1608.06445

Y Li, **G Chen***, ..., XQ Wang, QM Zhang*

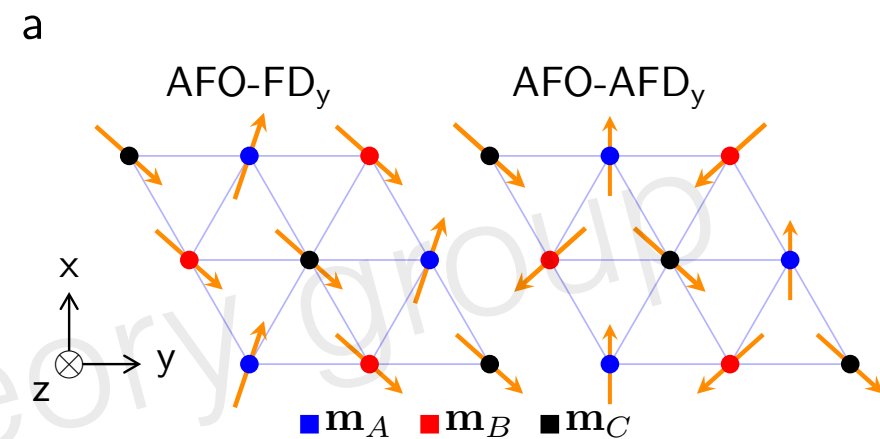
Phys Rev Lett 115, 167203

YD Li, YM Lu, **G Chen***, arXiv:1612.03447

三角晶格强自旋轨道体系的多极磁矩的“隐藏序”



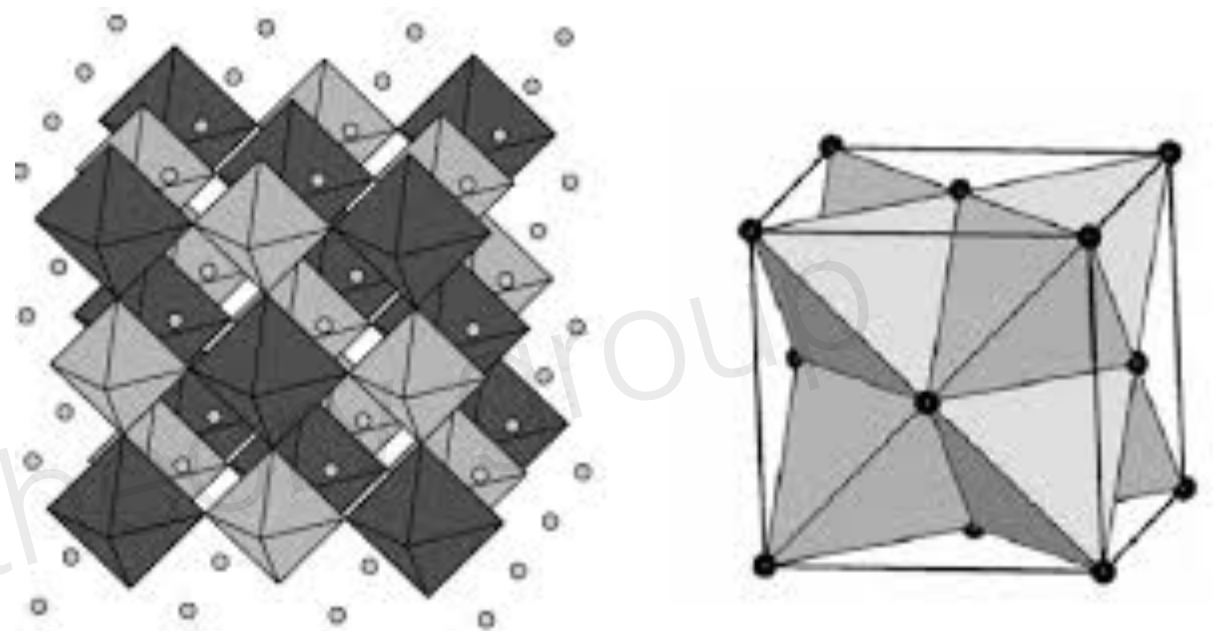
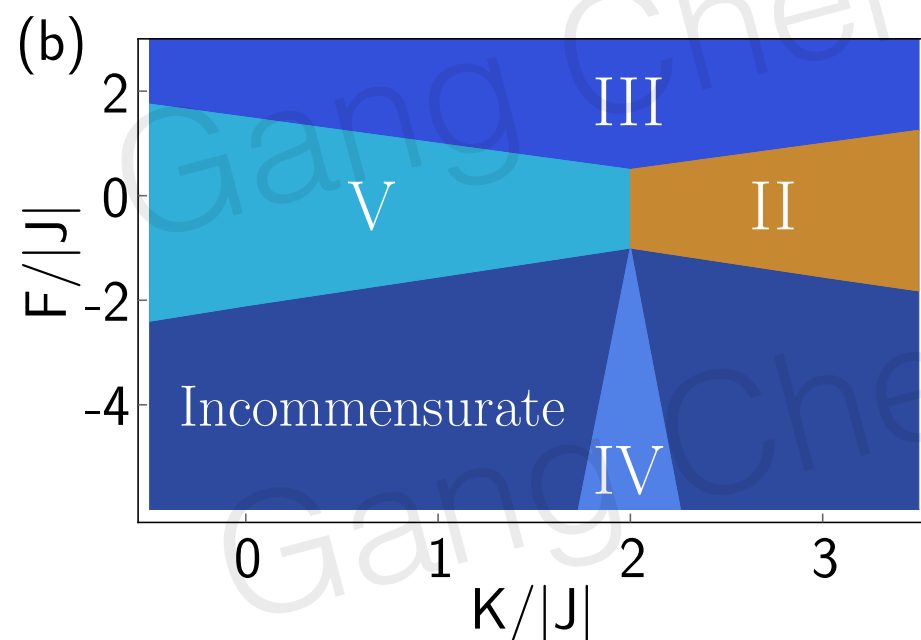
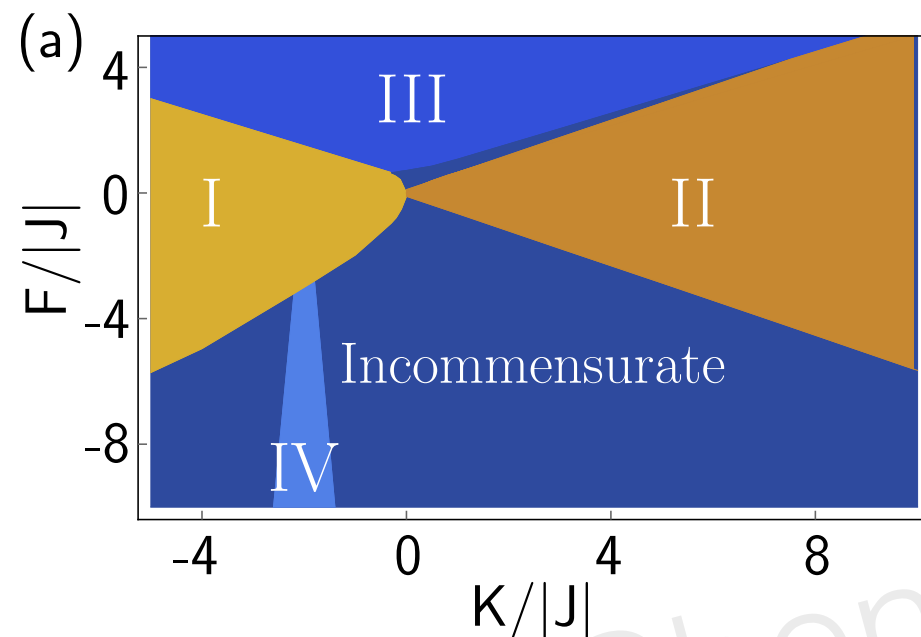
AFO=antiferromagnetic octupolar order
AFD=antiferromagnetic dipolar order



$$H_0 = \sum_{\langle \mathbf{r}\mathbf{r}' \rangle} \left[J_x \tau_{\mathbf{r}}^x \tau_{\mathbf{r}'}^x + J_y \tau_{\mathbf{r}}^y \tau_{\mathbf{r}'}^y + J_z \tau_{\mathbf{r}}^z \tau_{\mathbf{r}'}^z + J_{yz} (\tau_{\mathbf{r}}^y \tau_{\mathbf{r}'}^z + \tau_{\mathbf{r}}^z \tau_{\mathbf{r}'}^y) \right].$$

我们指出了三角晶格中的一个generic模型，
并指出它得到的隐藏序，我们预言了基态的
相图以及相应的磁激发谱。

Kitaev materials beyond iridates

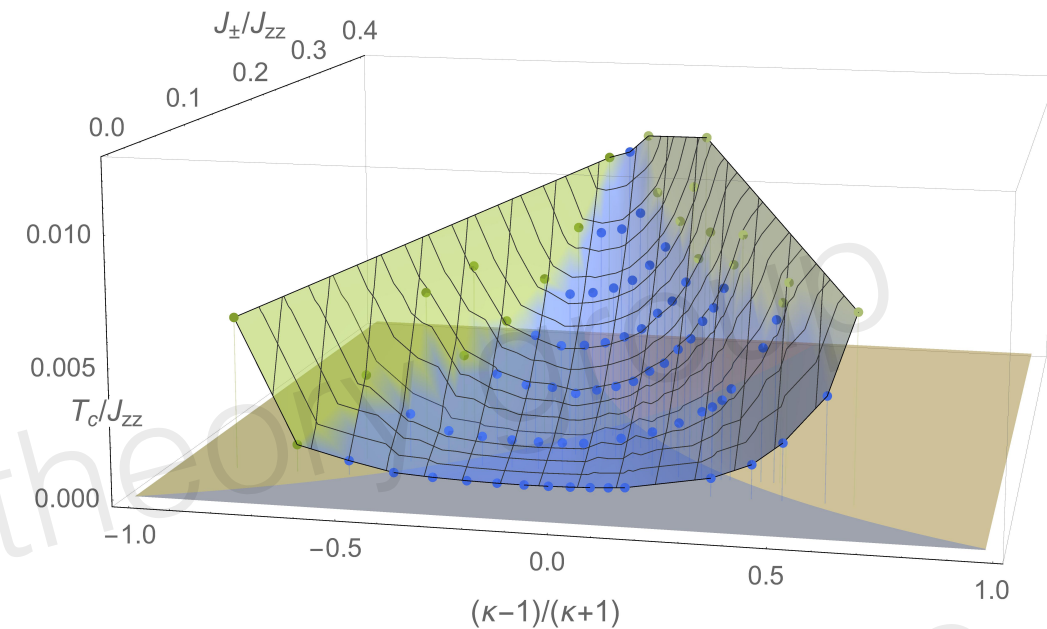
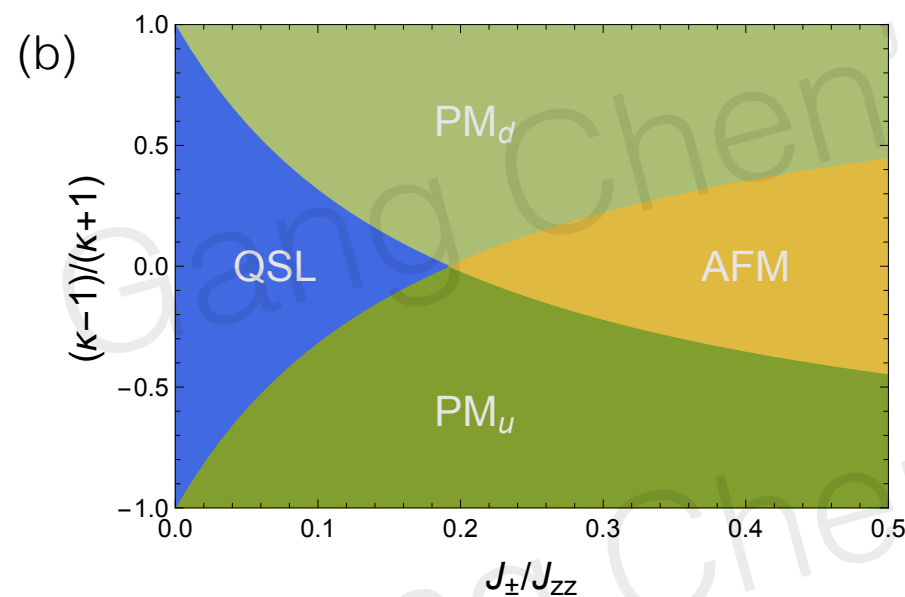
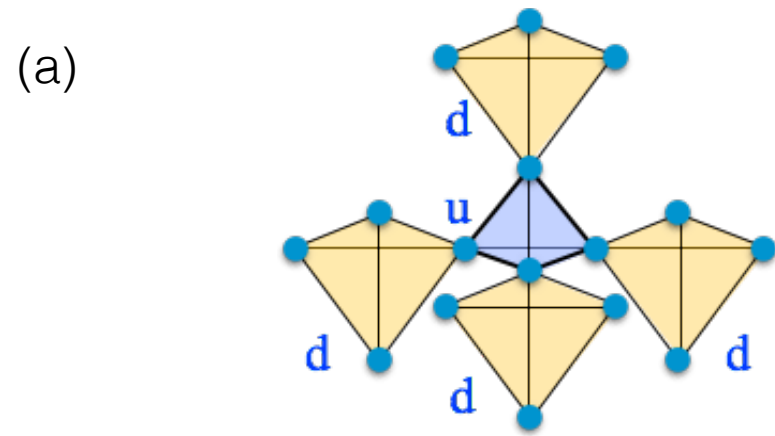


Ordered double perovskites
with rare-earth moments

$$H = \sum_{\langle ij \rangle_{\gamma\pm}} [J \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_j + K S_i^\gamma S_j^\gamma \pm F(S_i^\alpha S_j^\beta + S_i^\beta S_j^\alpha)]$$

我们指出Kitaev 材料应该远远超过目前的铱氧化物，我们讨论稀土材料里头的Kitaev 相互作用以及得到物理行为。

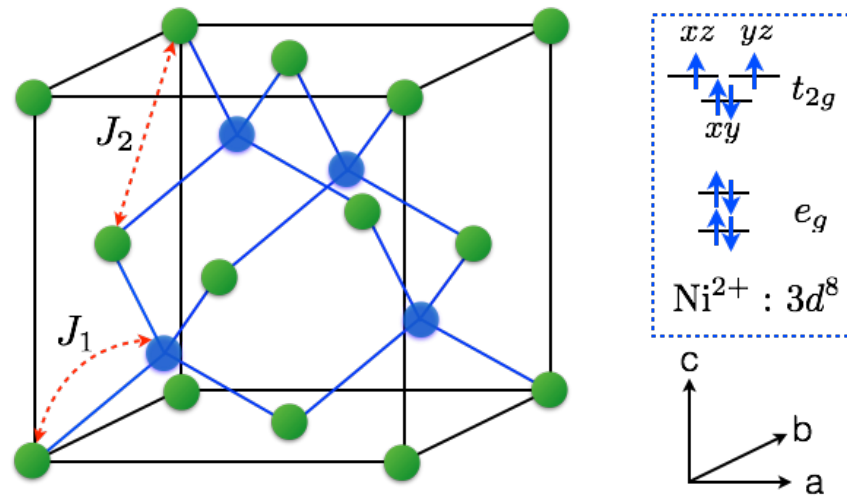
Breathing pyrochlore 晶格的量子自旋冰



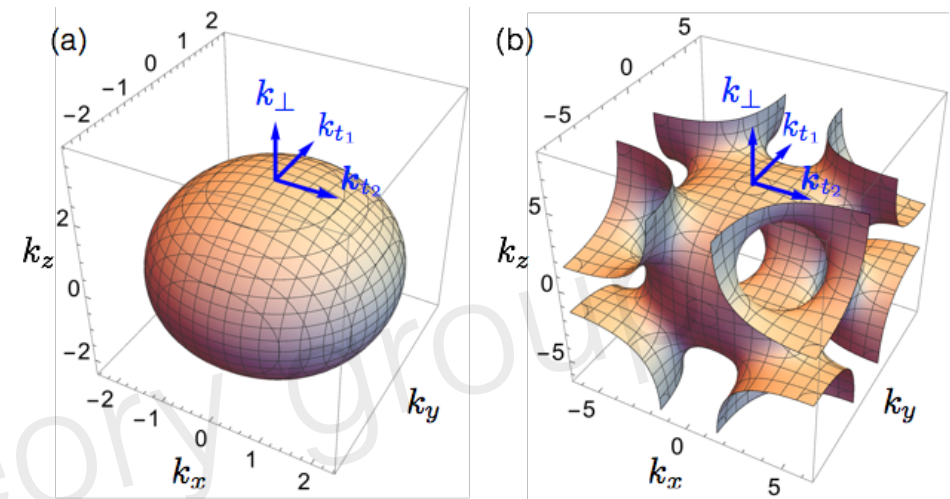
$$H = \sum_{\langle ij \rangle \in u} J_{zz} \tau_i^z \tau_j^z - J_{\pm} (\tau_i^+ \tau_j^- + \tau_i^- \tau_j^+) + \sum_{\langle ij \rangle \in d} \kappa [J_{zz} \tau_i^z \tau_j^z - J_{\pm} (\tau_i^+ \tau_j^- + \tau_i^- \tau_j^+)]$$

由于breathing pyrochlore特殊的结构,其上的自旋模型会增大量子自旋冰类型的自旋液体存在的参数空间,使得实验上观测到它的可能性增大。

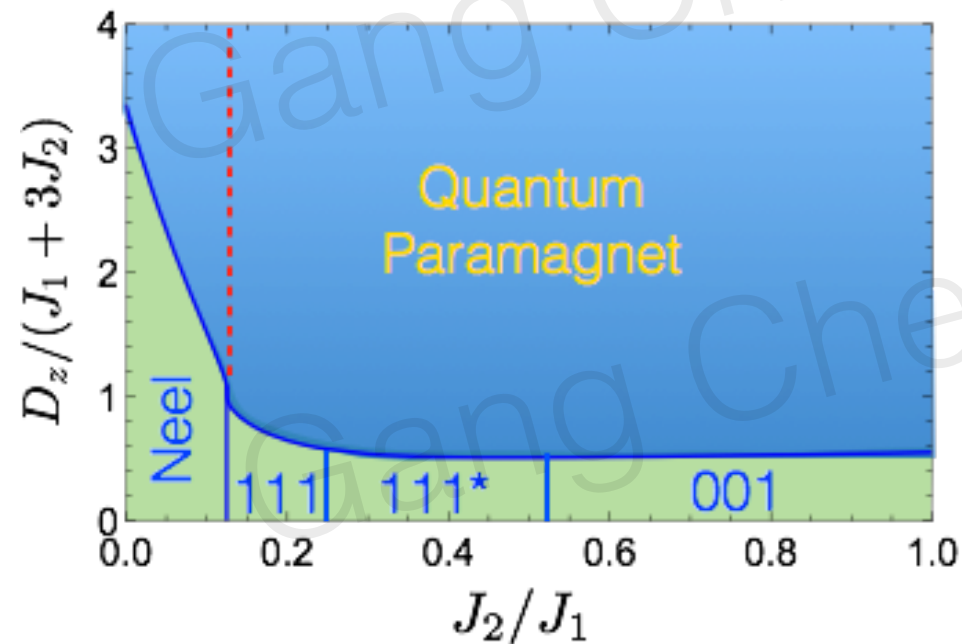
Quantum Paramagnet and Frustrated Quantum Criticality in spin-1 diamond lattice



$$H = J_1 \sum_{\langle rr' \rangle} \mathbf{S}_r \cdot \mathbf{S}_{r'} + J_2 \sum_{\langle\langle rr' \rangle\rangle} \mathbf{S}_r \cdot \mathbf{S}_{r'} + D_z \sum_r (S_r^z)^2,$$



degenerate minima of the excitations
in quantum paramagnet



Phase diagram

指出spin-1的三维diamond晶格中的激发的特殊性质
以及这些激发凝聚之后的非平凡相变。

这个体系并不是人们期望的自旋对称保护的拓扑序。

拟开展和待完成的部分工作

1. 拓扑绝缘体表面的新型磁性态和输运特性
2. iridates的掺杂效应和本征的自旋轨道耦合
3. K-doped FeSe 的超导体相图研究
(motivated by Donglai Feng's experiment)
4. 一种新型的非费米液体
5. Quantum Kagome ice and its excitation properties
6. 烧绿石中的internal 交换相互作用和emergent quantum phase
7. 和一些长于数值的物理学家的合作(主要是提出模型和理论，数值学家去验证和完善理解)。
8. 弱晶体场诱导的激子凝聚。