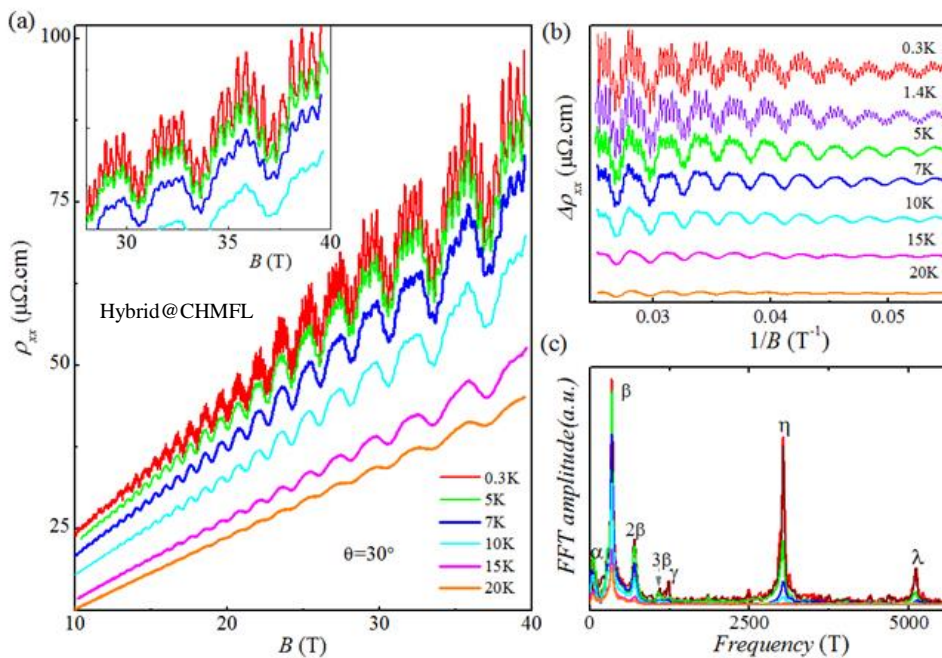


# 国内外强磁场实验室 科研动态

2018 年第三季度



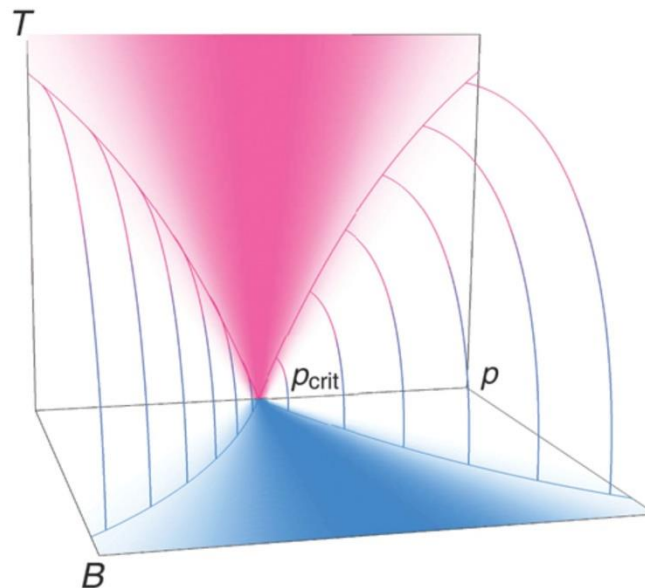
中国科学院强磁场科学中心·科研办

2018/11/28

# 1. 美国国家强磁场实验室

- “奇异金属” 变得更奇异了

即使在相图的“正常”（非超导）区域，铜氧化物超导体也具有许多不寻常的特性。在所谓的“奇异金属”区，这些材料具有随温度线性变化的电阻率，而不像普通金属的二次方关系。MagLab 的研究团队发现，通过高达 80T 的强磁场压制  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  薄膜的超导，其电阻率随着磁场也同样呈线性变化。同时存在的这两种线性关系对铜氧化物超导体的正常状态理论提出了挑战。



*Cite: P. Giraldo-Gallo, et al. Science 361, 6401 (2018)*

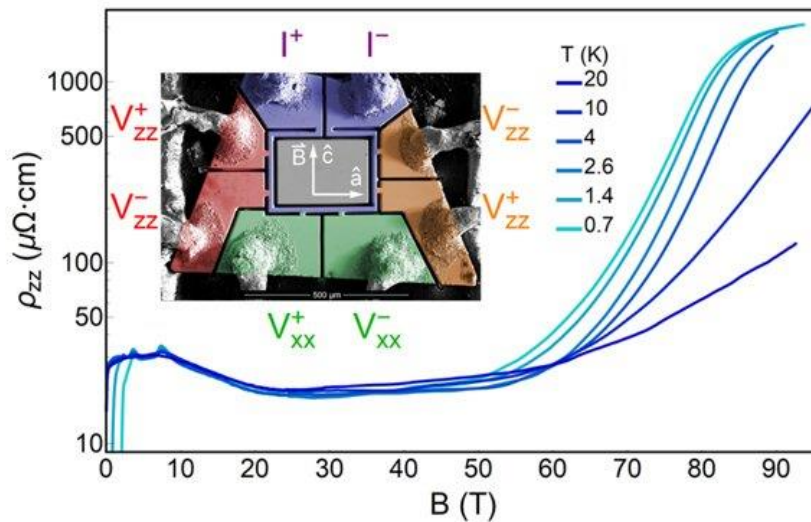
装置：脉冲磁体

- TaAs 在强磁场中 Weyl 节的破坏和新物态的产生

MagLab 的科学家们发现 TaAs 的电阻率（电流平行于磁场）在 20 到 50T 之间几乎与磁场无关。这对于传统金属来说很不寻常，但与 Weyl 费米子的奇异行为一致。超过 50T 以后，电阻率增加了两个数量级，表明通过打开能隙破

坏了 Weyl 节。超过 80T 的时候观察到强烈的超声波衰减，这表明一种微观结构的新物态的产生。

这项工作展示了如何使用强磁场来克服材料局限并获得纯粹由 Weyl 费米子组成的态，并指出诱导这些奇异准粒子组成新态的方法。



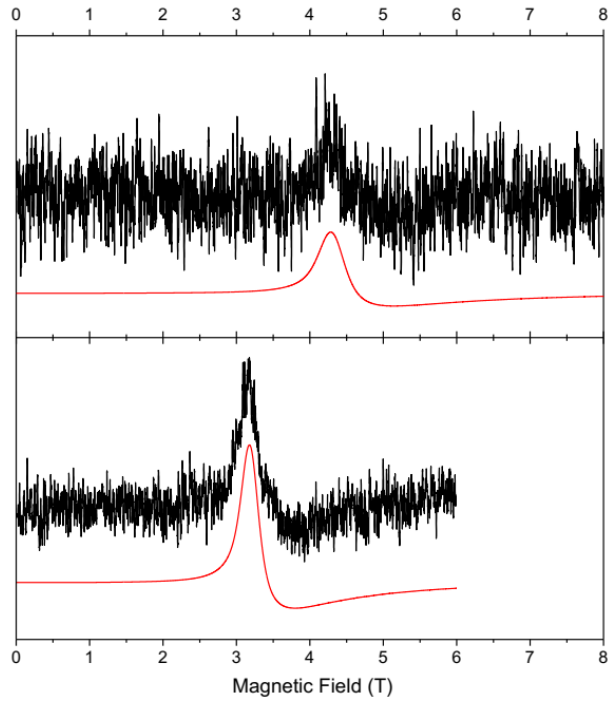
Cite: [B. J. Ramshaw, et al. Nature Comm. 9, 2217 \(2018\)](#)

装置：脉冲磁体

### ● 让非血红素氧化铁 (IV) 复合物成为更好的氧化剂

铁是生物学中最重要的金属，在生命系统中具有多种形式。除了众所周知的血红蛋白以外，非血红素酶也具有重要的生物学功能。提高我们对非血红素酶的理解将有助于：(1) 使用“更环保”技术（低温和水基）合成化学品；(2) 开发针对这些酶的靶向抗生素。

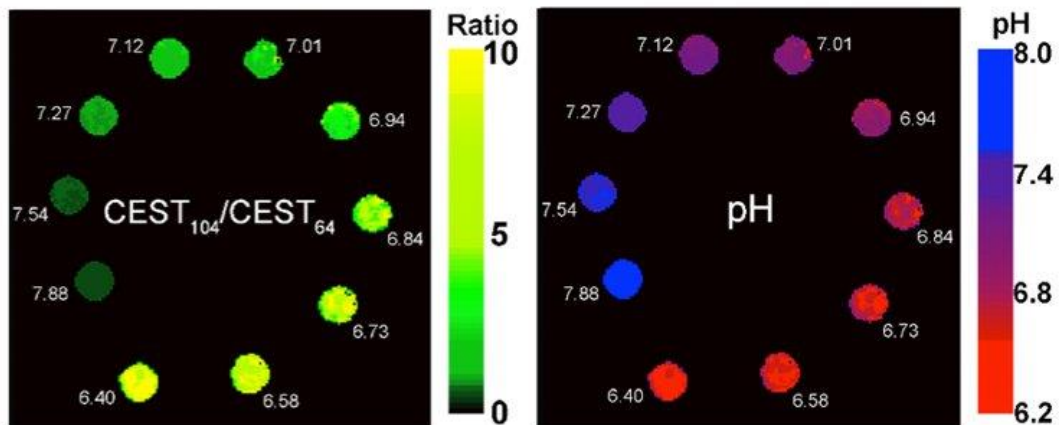
化学家们合成了一种小分子，这些小分子能够复制非血红素酶在生命系统中实现的反应。通过修饰与铁基单元连接的配体，即复合物的  $[\text{Fe}=\text{O}]^{2+}$  核心，发现其化学反应是可调的。



Cite: *W. Rasheed, et al. Angew. Chem. Int. Ed. 57, 9387 (2018)*

装置：高场高频 ESR，红外谱

- 使用钴 MRI 探针获得 pH 值成像



组织 pH 值的降低与许多病理状况密切相关，包括炎症、癌症和缺血。因此，以非侵入性方式准确地绘制组织 pH 值对于许多疾病的早期检测和治疗非常重要。

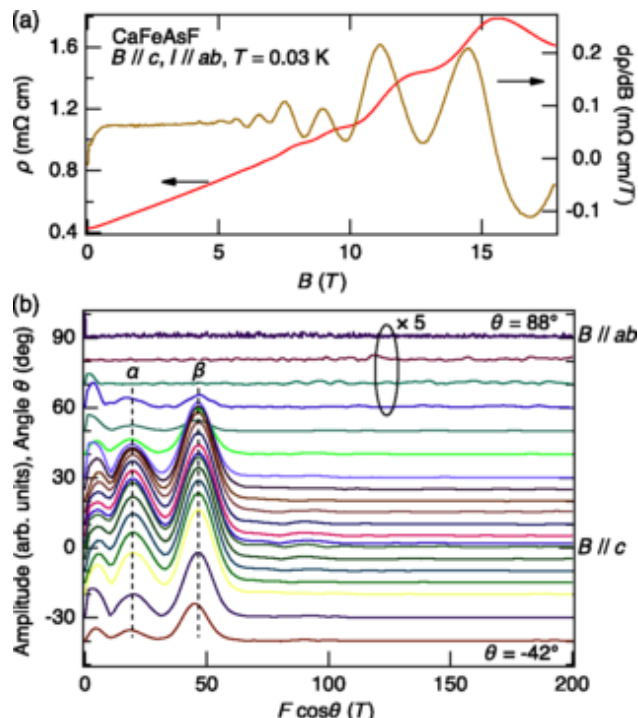
MagLab 用户证明了使用钴复合物作为磁共振成像 (MRI) pH 值探测器的可行性。这些复合物具有两个响应官能团，使周围的水分子具有相反的 pH 值依赖性。这提供了高度 pH 值敏感的比率响应，可用于生成 pH 值分布图。该方法展示了利用 MRI 以高灵敏度将 pH 值变化可视化的潜力。

Cite: [A. E. Thorarinsdottir, et al. J. Am. Chem. Soc. 139, 15836 \(2017\)](#)

装置：MRI

### ● 通过量子振荡检测狄拉克费米子

尽管铁基超导体 56K 的  $T_c$  记录是由 1111 型铁砷化合物保持的，人们对这些化合物的电子结构却知之甚少。日美中三国的合作团队在高达 45T 的磁场和低至 0.3K 的温度下对 CaFeAsF 进行了转角电输运测量，清楚地观察到量子振荡，揭示了费米面由电子和空穴柱组成。研究发现载流子密度异常低，而且电子载流子具有非平庸 Berry 相  $\pi$ 。这表明这些电子是相对论性的准粒子，即狄拉克费米子。



这些结果给出了 1111 型铁基超导体的母体化合物的电子结构的第一幅图像。此外，也提出了探索铁基超导体中狄拉克费米子物理学的新途径。

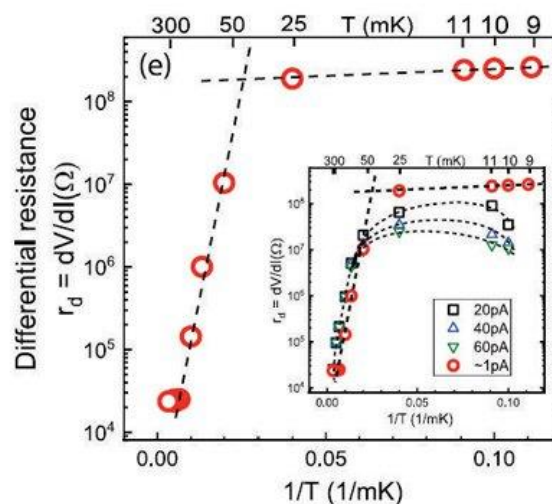
Cite: [T. Terashima, et al. Phys. Rev. X 8, 011014 \(2018\)](#)

装置：45T 混合磁体

### ● 量子 Wigner 晶体的钉扎与熔化

MagLab 用户寻求二维电子系统在超低温下转变为 Wigner 晶体的明确证据，这种晶体的特别之处在于其电子由于库仑相互作用形成三角形晶格。研究人员测量了 GaAs 量子阱中低载流子密度和高迁移率电子系统的差分电阻率  $dV/dI$ 。温度降至 9mK 并施加垂直磁场以淬灭电子动能，从而使库仑相互作用占主导地位。

测量结果显示 35mK 以下形成了 Wigner 晶体。这种晶体只有在  $<5\text{pA}$  的极低电流下才会被钉扎。当电流高于钉扎阈值，电阻骤降超过一个数量级。加热也会破坏钉扎，即 Wigner 晶体的热熔化。



Cite: [T. Knighton, et al. Phys. Rev. B 97, 085135 \(2018\)](#)

装置：High B/T

- **下一代超导磁体获经费支持**

美国国家科学基金会 (NSF) 已向 MagLab 拨款 420 万美元, 为下一代高场超导磁体进行研究和开发。

NSF 的资助将用于研究高温超导 (HTS) 导体。支持四个团队同时开展研究, 分别测试两种铋锶钙铜氧化物 (BSCCO) 化合物和两种使用稀土钡铜氧化物 (REBCO) 的不同导体技术。每个团队将专注于四种方法中的一种。

这些材料有望产生比铌三锡和铌钛等低温超导体更强的磁场, 目标是 40T, 这也是最近国家科学院报告中列出的挑战性目标。



## 2. 欧洲强磁场实验室

编者注: 欧洲强磁场未及时发布第三季度科研亮点, 相关内容推迟至下期。

### 3. 日本强磁场实验室

- 世界上最高的室内磁场记录——1200T

东京大学固体物理研究所的嶽山正二郎 ( S. Takeyama ) 教授研究组采用磁通压缩技术获得了新的室内磁场世界纪录 1200T。为达到这一峰值，衬里向内收缩速度达到 5km/s。该装置的磁场采用测量法拉第旋转角的光学方法来获得。

1000T 的磁场对应于 0.8nm 电子回旋轨道半径，这与典型的晶格常数处于同一个数量级。因此，在这样的极端条件下，基于原子周期势的 Broch 电子模型不再存在。这种超高磁场为洞察材料科学提供了新的机会，可以让我们更深入地理解新的物理概念。



*Cite: S. Takeyama, et al. Rev. Sci. Instrum. 89, 095106 (2018)*

编者注：该组 2011 年获得当时世界上最高室内磁场纪录 730T，2018 年初用同一套装置实现 985T（见今年一季度强磁场科研动态），本次使用新建成的装置获得了 1200T 的新纪录。

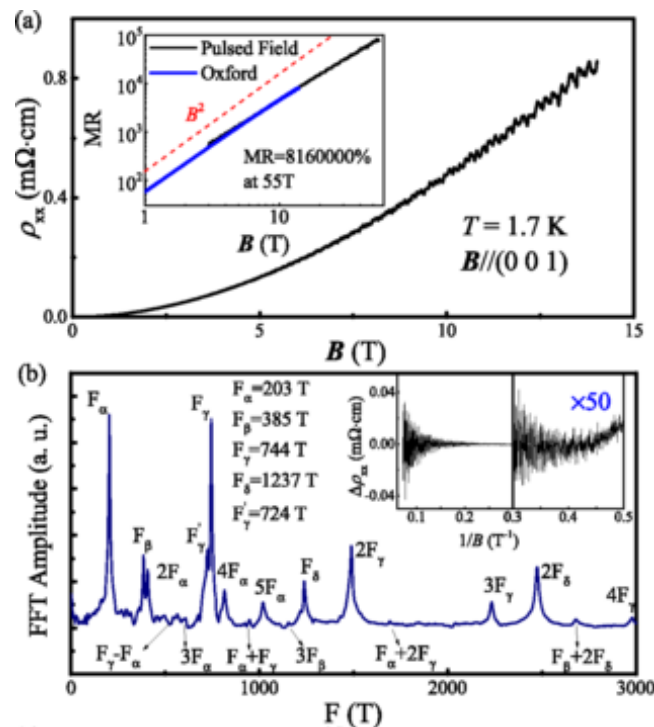


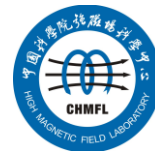
## 4. 武汉脉冲强磁场科学中心

### ● 黄铁矿型 PtBi<sub>2</sub> 单晶量子振荡的研究进展

近年来，拓扑材料以其独特的能带结构和新奇的输运性质引起了研究人员的广泛关注。黄铁矿型的 PtBi<sub>2</sub> 是理论计算预言的三维狄拉克半金属，近来研究人员发现其单晶在低温下磁阻可达到  $1.12 \times 10^7\%$ ，远远高于绝大多数目前已知的材料的磁阻水平，但至今还没有人研究过其费米面的基本信息。

最近，强磁场中心朱增伟教授团队对 PtBi<sub>2</sub> 单晶进行了输运性质的研究。首先使用 flux 方法生长了 PtBi<sub>2</sub> 的单晶，利用中心的脉冲强磁场设施进行 80T 超强磁场测量，发现该单晶的磁阻在达到  $1.5 \times 10^7\%$  时仍未出现饱和现象。通过分析磁场下高质量的角度依赖 SdH 振荡，绘制了 PtBi<sub>2</sub> 费米面，发现 PtBi<sub>2</sub> 中存在四套费米面，与早期的理论计算结果有所不同。研究还发现，通过计算 PtBi<sub>2</sub> 中所有费米面的载流子浓度，PtBi<sub>2</sub> 中的极大磁电阻现象与电子-空穴补偿机制有关，且这种补偿机制也得到了简单的两带模型支持。



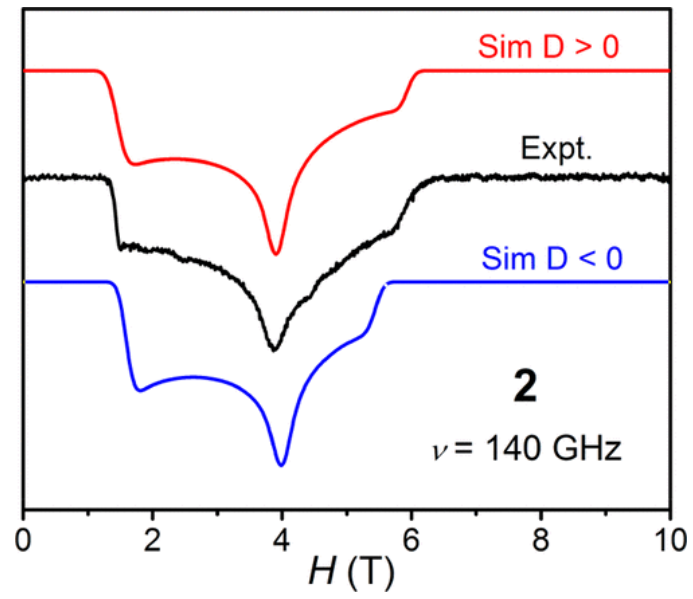
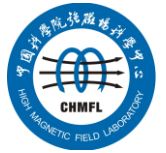


Cite: [\*L. X. Zhao, et al. Phys. Rev. B 98, 085137 \(2018\)\*](#)

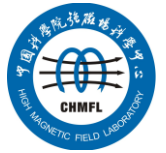
### ● 系列喹啉基单分子和一维磁性材料的研究进展

单分子磁体 (SMM) 是涉及合成化学、材料科学和凝聚态物理等边缘学科的一个新颖研究课题, 在密度信息存储和量子计算等领域具有广阔的应用前景。其中, 高自旋的 Co(II)基配合物因其空气稳定性以及大的磁各向异性而备受关注。然而, 目前报道的大多是 4-6 配位的钴基单分子磁体, 较高配位数的化合物还很少被发现, 同时具有五角双锥结构 ( $D_{5h}$ ) 和 SMM 行为的 Co 基化合物更是稀少。

近期, 强磁场中心 ESR 团队以 8-甲氧基乙酸-2 羧基喹啉为配体, 采用水热法定向构筑出具有五角双锥结构的单核化合物和丰富磁性质的一维链状结构化合物。该喹啉衍生物为半刚性配体, 并且喹啉环上的配位点之间的角度接近  $60^\circ$ , 由于受金属原子本身半径的影响, 为形成五角双锥构型的配合物提供了极大可能。该团队分别选用五种不同的过渡金属盐, 合成了两种不同结构的化合物:  $[M(L)(H_2O)_3] \cdot H_2O$  ( $M = Mn$  (1),  $Co$  (2)),  $[Ni(L)(H_2O)_2]$  (3), 以及  $\{[M(L)](H_2O)\}_n$  ( $M = Ni$  (4),  $Cu$  (5))。其中, L 代表 8-甲氧基乙酸-2 羧基喹啉, 1、2、3 为单核结构, 4、5 为一维 zig-zag 链结构。通过 AC 磁化测量和 HF-EPR 的研究发现: 2 具有 SMM 行为和较大的磁各向异性, 其零场分裂能 (D 值) 约为  $+70.4\text{cm}^{-1}$ , 是目前报道的具有五角双锥结构且同时具有 SMM 行为的 Co 基化合物中 D 值最大的配合物; 4 和 5 的磁性数据表明  $M^{II}-M^{II}$  之间存在弱的反铁磁交换作用 (J 值分别为  $-1.50$  和  $-3.55\text{K}$ ), 而且 4 还是一种奇异的量子反铁磁体材料。



*Cite: [H. Lou, et al. Inorg. Chem. 57, 7757 \(2018\)](#)*



## 5. 中科院强磁场科学中心

- SHMFF 用户在平带铁磁有序研究中取得重要进展
- 强磁场中心研发出新型高选择性高活性 CDK9 激酶抑制剂
- 磁性拓扑半金属材料研究取得新进展
- 铱基双钙钛矿  $\text{La}_2\text{ZnIrO}_6$  的磁场诱导相变研究取得新进展
- 强关联电子材料  $\text{Sr}_4\text{Ru}_3\text{O}_{10}$  磁输运研究取得新进展
- 强磁场中心发现新的三重简并拓扑半金属
- SHMFF 用户在磁性 Weyl 半金属中发现巨大的反常霍尔效应
- 强磁场中心研发出新型 PI3Kd 激酶抑制剂
- 强磁场下的拓扑半金属材料研究取得新进展
- 强磁场中心研制出高效率三共振/双共振固体核磁共振 MAS 探头
- 高场磁共振成像安徽省重点实验室建设计划论证会暨第一届学术委员会第一次会议召开
- SHMFF 用户应用液体核磁刻画 CTCF 多点识别 DNA 的动态特性
- 强磁场中心研发的针对急性白血病的国家 1 类创新靶向药物 HYML-122 获得临床试验批件
- 强磁场中心确立三维磁斯格明子之间外磁场可调的吸引-排斥相互作用

详见：<http://www.hmfl.cas.cn/xwzx/tt/>