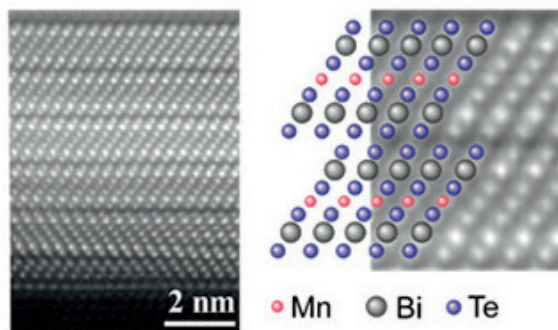


学术 SCIENCE

物理系研究团队发现内禀磁性拓扑绝缘体

近日，清华大学物理系何珂、薛其坤等人的实验研究团队和徐勇、段文晖等人的理论研究团队合作首次发现了一种内禀磁性拓扑绝缘体 MnBi_2Te_4 ，为提升量子反常霍尔效应的温度开辟了一条新的道路，并为多种新奇拓扑量子物态和效应的研究提供了一个理想平台。此项研究相关实验结果以《内禀磁性拓扑绝缘体的实验实现》为题发表于5月29日出版的《中国物理快报》上；相关理论结果以《 MnBi_2Te_4 家族范德瓦尔斯层状材料中的内禀磁性拓扑绝缘体》为题发表于6月14日出版的《科学·进展》上。实验部分论文的第一作者为物理系博士生龚演，共同通讯作者为何珂教授、薛其坤教授和徐勇副教授；理论部分论文的第一作者为物理系博士生李佳恒，共同通讯作者为徐勇副教授、段文晖教授和何珂教授。

研究团队首次发现了一种内禀磁性拓扑绝缘体 MnBi_2Te_4 ，这是一种层状磁性材料，每一个“七层”（septuple-layer, SL）单元包含一个 Mn 单原子层。他们通过交替生长 Bi_2Te_3 和 MnTe 的方法制备出了这种材料的单晶薄膜。研究团队发现



高分辨电子显微镜图显示了 MnBi_2Te_4 特征性的“七层”结构

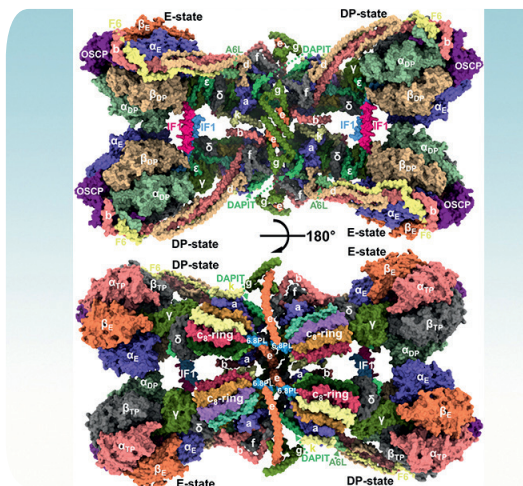
这种材料的体相是一种反铁磁拓扑绝缘体：Mn 原子的磁矩在每个“七层”内铁磁排列，在“七层”之间反铁磁排列。理论计算结果发现这种独特的磁结构会使这种材料显示极其丰富的、性能优异的拓扑量子物态。

MnBi_2Te_4 有序的磁性原子排列、巨大的磁能隙，以及所蕴含的丰富的拓扑相使其成为一个理想的磁性拓扑绝缘体系统，为量子反常霍尔效应实现温度的提高指示了一条新的道路，并可以作为研究多种拓扑物态和效应的平台。

生命学院杨茂君教授团队在《科学》发文 解析线粒体氧化磷酸化系统研究领域重要研究进展

6月14日，清华大学生命科学学院杨茂君教授及其研究团队在国际著名期刊《科学》上发表了题为《结合 IF1 抑制蛋白的哺乳动物 ATP 合酶四聚体冷冻电镜结构》的研究长文。研究通过高性能冷冻电镜技术，解析了分子量高达

280 万道尔顿的哺乳动物 ATP 合酶四聚体 6.2 埃的结构，以及完整的（19 种亚基）、两种状态的 ATP 合酶单体 3.34 埃和 3.45 埃结构。通过对结构的分析，阐释了高等哺乳动物 ATP 合酶的结构组成样式、发挥功能的分子机理、复合物



哺乳动物 ATP 合酶四聚体整体结构

之间协同关系以及对线粒体嵴的形态的影响，为治疗能量代谢疾病、神经退行性疾病等提供了重要的实验依据及结构基础。生命学院博士后谷金科、博士生张来幸、结构生物学高精尖创新中心卓越学者宗帅和郭润域为本文的共同第一作者，杨茂君教授为本文的通讯作者。

在文章的审稿过程中，审稿人对于该研究给予了很高的评价：“F1 抑制的四聚体结构是‘第一个’F 型 ATP 酶的四聚体结构，也是哺乳动物 ATP 合酶第一个真正意义上的完整结构，几十年来，世界范围内众多结构生物学家为之进行了大量的努力，都没能完成杨教授团队这样的成绩。”

医学院布莱恩·科比尔卡教授研究组合作在《科学》发文 阐述 beta2 肾上腺素受体胞内别构激动剂的调控机理

6月28日，清华大学医学院、结构生物学高精尖创新中心布莱恩·科比尔卡教授研究组合作在《科学》期刊在线发表题为《胞内别构激动剂调控 beta2 肾上腺素受体的机理》的文章，首次报道了激活态的 beta2 肾上腺素受体 (β_2AR) 同时结合正构激动剂 BI167107 和别构激动剂 Cmpd-6FA 的晶体结构。这项工作鉴定了一个新的 G 蛋白偶联受体 (GPCR) 别构调节位点，并发现了新的别构调节机制，为针对 GPCR 的别构药物研发提供了指导。布莱恩·科比尔卡教授与杜克大学罗伯特·莱夫科维茨教授为本文的共同通讯作者，清华大学医学院刘翔宇博士与杜克大学 Ali Masoudi 博士和 Alem W. Kahsai 博士为本文的共同第一作者。

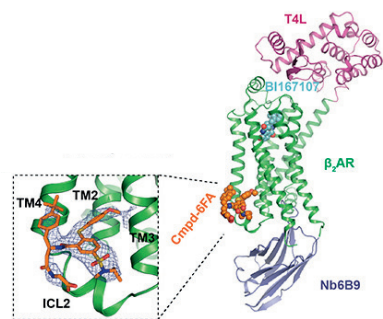
G 蛋白偶联受体 (GPCR) 家族是关键的药物研发靶点。Beta2 肾上腺素受体属于 GPCR 家族，在心肺系统中起重要调节作用。近期罗伯特·莱夫科维茨教授研究组发现小分子化合物 Cmpd-6 对 beta2 肾上腺素受体具有别构激动剂的活性。

本研究利用蛋白质晶体学的手段获得激活

态 β_2AR 与 Cmpd-6 的复合物结构。最终在一个添加了 3 mM Cmpd-6FA 的结晶条件下收到了 32 埃的晶体数

据，并且观测到了属于 Cmpd-6FA 的电子密度。Cmpd-6FA 结合在跨膜螺旋 2、3、4 和第二胞内环 (ICL2) 形成的结合口袋里。

β_2AR 的第二胞内环在非激活态下是无规卷曲的结构，在激活态下是 alpha 螺旋结构。而 Cmpd-6FA 的结合稳定了其 alpha 螺旋结构。尽管 Cmpd-6FA 结合在胞内的位置，它促使 β_2AR 更倾向于处在激活状态，进而影响结合在 β_2AR 胞外口袋的正构激动剂的亲和力。



激活态 β_2AR 结合纳米抗体 Nb6B9、正构激动剂 BI167107 和别构激动剂 Cmpd-6FA 的结构