

解读2015年度中国科学十大进展

实现多自由度量子隐形传态

量子隐形传态在概念上非常类似于科幻小说中的“星际旅行”，可以利用量子纠缠把量子态传输到遥远地点，而无需传输载体本身。中国科学技术大学潘建伟、陆朝阳等组成的研究小组在国际上首次成功实现多自由度量子体系的隐形传态，成果以封面标题的形式发表于《自然》杂志。这是自1997年国际上首次实现单一自由度量子隐形传态以来，科学家们经过18年努

力在量子信息实验研究领域的又一重大突破，为发展可扩展的量子计算和量子网络技术奠定了坚实的基础。该成果被英国物理学会评为“2015年度国际物理学十大突破之首”。

量子信息技术以一种革命性的方式对信息进行编码、存储和传输，在信息安全和运算速度等方面突破经典信息技术的瓶颈。量子通信是迄今为止唯一被严格证明

是无条件安全的通信方式，可以从根本上解决国防、金融、政务等领域的信息安全问题；量子计算具有超快的并行计算能力，有望为密码分析、大数据处理和药物设计等大规模计算难题提供解决方案。在量子通信和量子计算技术的基础上，可构架多节点多用户的广域量子网络平台。而实现以上所有这些技术的一个核心单元就是多自由度的量子隐形传态。

发现东亚最早的现代人化石

作为人类起源与演化研究的重要组成部分，现代人起源一直是古人类学研究领域的热点。目前，国际学术界的主流观点支持现代人起源于非洲，认为现代人19万年前起源于非洲，6万年前扩散到欧亚大陆，成为当地现代人的祖先。近10年来，中国学者在这个领域的研究取得一系列重要进展，确定早期现代人至少10万年前在华南地区已经出现。

然而，学术界对于具有完全现代形态的人类在东亚地区出现时间尚不清楚。中国科学院古脊椎动物与古人类研究所刘武和吴秀杰研究组与英国 Mar í a Martín ó n-Torres 合作等报告

了对中国南部湖南省道县福岩洞的最新发掘资料。他们先后发现了47枚人类牙齿化石以及大量动物化石。

研究显示，道县人类牙齿尺寸较小，明显小于欧洲、非洲和亚洲更新世中、晚期人类，位于现代人变异范围，牙齿齿冠和齿根呈现典型现代人特征。这些形态和尺寸对比分析说明道县人类牙齿已经具有完全现代形态，可以明确归入现代人。测年结果表明，这批人类化石的埋藏年代在8—12万年前。动物群组成则指示出晚更新世早期的特点，进一步支持测年的结果。据此可以确定，具有完全现代形态的人类至少8万年前在华南南部地区已经出现。这项研究以可靠的地层年代数据和详实的化石形态特征提供了迄今最

早的现代类型人类在华南地区出现的化石证据，填补了现代类型人类在东亚地区最早出现时间和地理分布的空白。这是继2010年广西智人洞下颌骨发现之后，中国学者在东亚现代人起源方面取得的又一项重大突破，对“中国没有早于6万年的现代人”这一国际主流观点提出了有力挑战。

此外，与这群现代人同时代的北方地区，还生活着形态特征更原始的“土著居民”，道县的研究描绘了一幅中国南北地区不同人群共同存在的场景，进而提出现代人在中国扩散的可能路线为由南向北。这些发现对于探讨现代人在东亚地区的出现和扩散具有非常重要的意义。相关研究论文发表在2015年10月29日《自然》上。

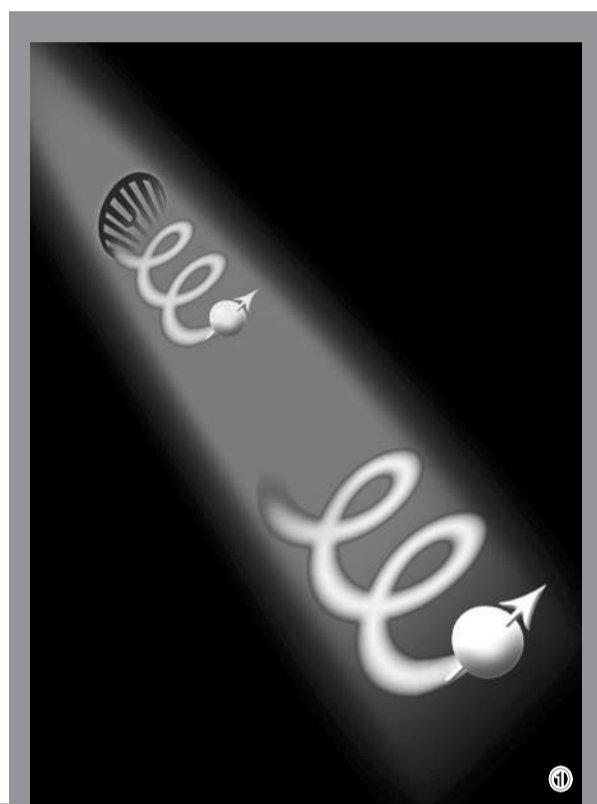
中国科学家找到外尔费米子

德国科学家外尔1929年指出，当质量为零时，狄拉克方程描述的是一对能量相同但具有相反手性的新粒子，即外尔费米子。80多年过去了，人们一直未能观测到这种神奇的粒子。

近年来，拓扑绝缘体尤其是拓扑半金属等领域研究的快速发展为寻找外尔费米子提供了新的思路，它们可以作为准粒子存在于外尔半金属材料中。寻找外尔半金属材料是一个非常具有挑战性的科学问题，也是该领域国际竞争的焦点之一。2015年，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验中心(筹)方忠研究组(翁红明等)通过理论计

算预言，TaAs家族材料就是要寻找的外尔半金属材料；陈根富研究组合成了该材料的晶体，并观察到理论预测到的因手征反常导致的磁阻效应；丁洪研究组(丁洪和钱天等)与合作者用角分辨光电子能谱证实了理论预言的三维电子能带和费米弧。

中国科学家的一系列工作终于“找到”了外尔费米子这样一个隐身80多年的“幽灵”粒子。此外，美国普林斯顿大学的Z. Hasan研究组和清华大学的陈宇林研究组及合作者也得到类似的结果。外尔半金属的发现提出了很多新的科学问题，同时也为开发低能耗电子器件等变革性技术提供了新的思路。



发现宇宙早期最亮、中心黑洞质量最大天体

发现遥远宇宙中的明亮天体对了解早期宇宙的结构极为重要，位于宇宙早期的高红移类星体是研究早期宇宙的重要探针。迄今为止，天文学家通过大型巡天已经发现了30多万个类星体，其中大约有40个类星体红移大于6(即距离超过127亿光年)。每个类星体中心都

包含一个质量约为10亿个太阳质量的黑洞，它们正在猛烈地吞噬其周围的物质，并在黑洞附近释放出巨大的能量。

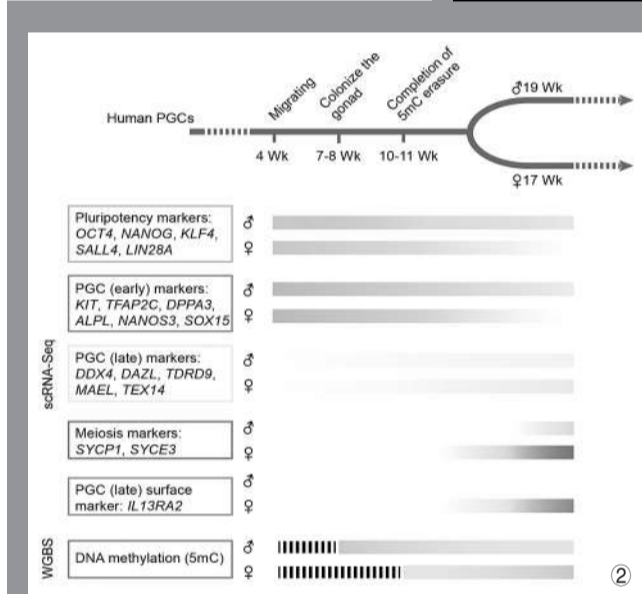
北京大学物理学院吴学兵研究组与合作者基于自主发展的选取高红移类星体候选体的有效方法和判据，利用中国科学院云南天文台的2.4米光学望远镜首先观测和国外4台大型光学和红外地面望远镜后续观测，发现一个距离我们128亿光年(红移6.3)、发光强度是太阳的430万倍、中心黑洞质量约为120亿太阳质量的超亮类星体。

这是目前发现的在宇宙早期最亮、中心黑洞质量最大的一个类星体，也是世界上第一个利用2米级光学望远镜发现的红移6以上的类星体。该发现证实了宇宙年龄只有9亿年时，就已经形成质量为120亿太阳质量的黑洞。这对目前的黑洞形成和增长理论以及黑洞和星系共同演化理论提出了严重的挑战，并为未来研究早期宇宙中黑洞和星系的形成和演化提供了一个特别的实验室。相关研究论文作为封面推荐论文发表在2015年2月26日《自然》上。

揭示埃博拉病毒演化及遗传多样性

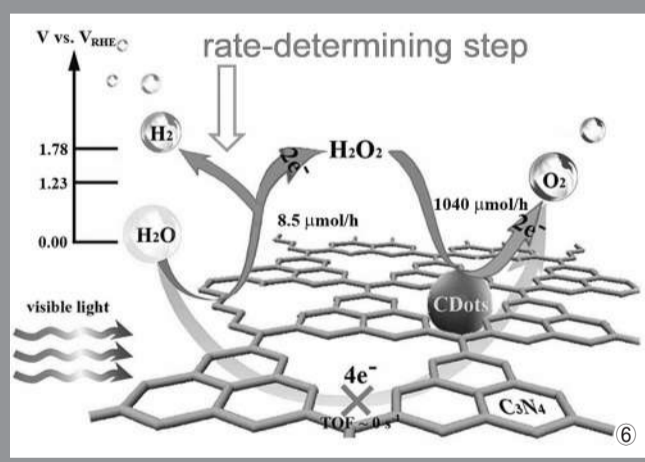
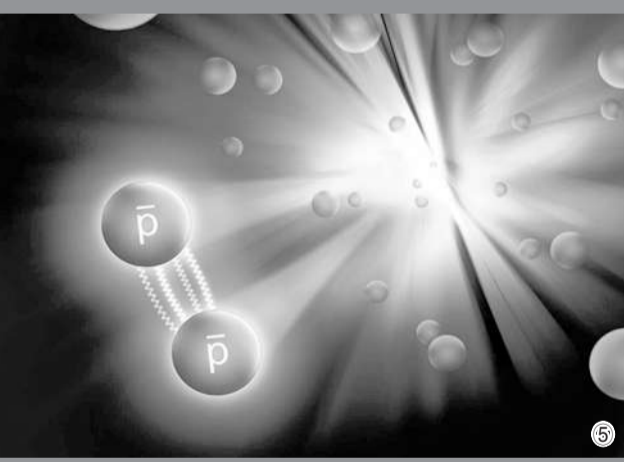
2014年初在西非暴发了埃博拉病毒疫情，之前的研究显示，此次疫情病毒的变异速率比以往有成倍提高，该结果引起了全球疫情防控机构的恐慌。人们担心病毒的高速变异可能导致更加烈性的病毒变异株产生，同时大量变异可能对基于PCR技术的病毒检测产生漏检。军事医学科学院微生物流行病研究所曹春春研究组与中国科学院微生物研究所高福研究组和军事医学科学院放射与辐射医学研究所贺福初等合作，对2014年9月至11月间的大量病例标本进行基因组测序，获得来自塞拉利昂的175株病毒的全长基因组数据，发现在此期间埃博拉病毒在系统发生上进一步分化，遗传多样性快速增加，出现了多个新的病毒流行分支。但此疫情中埃博拉病毒的变异速率，与先前暴发疫情中埃博拉病毒的变异速率接近。这些研究成果加深了对病毒进化特点以及传播动力学的理解，消除了国际社会对于埃博拉病毒快速变异的担忧，同时大量基因组序列的发表为现场

病毒检测PCR引物设计提供了参考，并将有助于对埃博拉病毒疫苗和治疗方案的研发。相关研究论文发表在2015年8月6日《自然》上。



首次测量到反物质间相互作用力

美国布鲁克海文国家实验室的相对论重离子对撞机(RHIC)的STAR实验将质心能量为200GeV的金离子相互碰撞，产生出大量的反质子，这为测量反质子-反质子间相互作用提供了机会。中国科学院上海应用物理研究所马余刚研究组与美国布鲁克海文国家实验室唐爱洪研究组等合作，利用STAR实验结果，通过对反质子-反质子之间动量关联函数的测量，首次提取了反质子-反质子相互作用的有效力和散射长度。研究表明，反质子-反质子之间存在着强吸引力，可以克服反质子-反质子之间的由于同号(负电荷)所产生的库仑排斥力，结合成反物质原子核。而且他们测量得到的结果与质子-质子相互作用的对应值在误差范围内一致。他们的研究结果提供了两个反质子间相互作用的直接信息，给出了对量子场论和对称原理的一个直接验证，为



进一步理解更复杂的反原子核及其属性奠定了基础。相关研究论文发表在2015年11月19日《自然》上。《自然》审稿人对该研究给予高度评价：“这是首例反质子-反质子作用的直接测量。”



图1多自由度量子隐形传态示意图
图2人类原始生殖细胞基因表达规律
图3湖南道县发现人类牙齿化石
图4钻石探针实现对单蛋白质分子信号的检测
图5反质子间相互作用的示意图
图6碳基高效光解水催化反应机制
图7宇宙早期类星体中心的超大质量黑洞示意图

人类原始生殖细胞基因表达与表观遗传调控特征

生殖细胞(精子和卵子)是人类维持生命延续、代代相传的种子和纽带。在妈妈的肚子里，胎儿除了要完成自身发育，还要为其后代做好准备，形成原始生殖细胞(PGC)并进行性腺发育，以保证性成熟后形成正常的精子和卵子。

这类特殊的原始生殖细胞与其他细胞有何不同?基因表达调控的特征是什么?除了遗传序列本身，祖父辈及父母辈还把这些表观遗传记忆留在了PGC细胞中?哪些表观遗传记忆信息必须需要清除?人类对其还缺乏深刻的认识。

北京大学生物动态光学成像中心汤富酬研究组和北京大学第三医院乔杰研究组采用最新的单细胞转录组高通量测序等关键技术，深度解析了人类原始生殖细胞多个发育阶段的转录组和DNA甲基化组的动态变化，揭示了人类

原始生殖细胞基因表达调控的一系列关键特征。

该项研究显示，处于发育早期的人类原始生殖细胞协同表达一系列多能性基因以及生殖系特异基因。

基因组DNA甲基化作为一种关键的表现遗传修饰方式，是调控细胞分化过程中基因表达的关键机制之一。

他们的研究首次发现女性原始生殖细胞中X染色体重新激活明显早于小鼠，而且SOX15仅特异性高表达于人类早期原始生殖细胞，推测其是调控原始生殖细胞发育与性别分化的重要基因。

此外，该项研究发现人类原始生殖细胞在发育过程中会经历大规模的表现遗传

记忆(DNA甲基化标记)的擦除，在胚胎第11周时原始生殖细胞中仅有6%—7%的DNA甲基化得以保留；但另一方面，基因组中的一些特殊的重复序列元件上仍然残留大量甲基化，这为研究人类隔代遗传现象的传统磁共振技术，通常只能测量毫米尺度以上百万个分子系综的统计平均性质，无法实现对单个分子的直接测量。

中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家实验室(筹)杜江峰领衔的研究团队

实现对单个蛋白质分子的磁共振探测

使用最新的量子操控技术，基于钻石量子探针和新颖的自旋量子干涉探测原理，实现了单分子磁共振的突破。该团队于国际上首次获取了单个蛋白质分子(直径约5纳米)的顺磁共振谱，并解析出其动力学探测原理的传统磁共振技术，通常只能测量毫米尺度以上百万个分子系综的统计平均性质，无法实现对单个分子的直接测量。

泛应用前景，特别是其室温大气的宽松实验条件为生命科学等领域的研究提供了尤为适宜的条件。相关研究论文发表在2015年3月6日《科学》上。这一成果在国际间引起了很大反响，得到美国化学会、德国马普所等广泛的新闻报道。《科学》杂志将该成果选为研究亮点并配发专文报道，称其“实现了一个崇高的目标”，“是通往活体细胞中单蛋白质分子实时成像的重要里程碑”。