

纷繁隐秘的暗世界

童国梁

宇宙学观测数据表明宇宙中除了 4% 的可见物质外，还存在占 23% 的暗物质和占 73% 的暗能量。暗物质和暗能量都是不可见的。这些不可见的暗世界究竟是什么？它们都有些什么特点？无疑，这些问题是摆在科学家面前的一大难题。对这个纷繁隐秘的暗世界，今天，理论家有什么新想法，实验家又有什么新进展呢？

暗物质的由来

大家都知道，1687 年由牛顿发现的万有引力主宰着天体运动，地球、月亮、太阳和星系的运动无一例外。万有引力可以表述为任何两个物体之间都存在相互吸引力，这个力的大小与各个物体的质量成正比，而与它们之间的距离平方成反比， $F = Gm_1m_2/r^2$ 。一旦知晓空间天体的质量分布，那么星体的运动轨迹就被确定了。也就是说，天空的质量分布决定了星星的运动规律；反之亦然，由星星的运动规律也可求解天空的质量分布。海王星的发现正是万有引力定律运用的典型例子。1846 年 9 月 24 日柏林天文台主任加勒（Johann Gottfried Galle）接到一封发自一位名叫勒维列（Urbain Le Verrier）的法国人的来信，这位法国人一直从事天王星运动研究，他在信中称天王星的运动轨迹不能用已知的万有引力解释。勒维列建议还应存在一颗尚未观测到的星体，而这个星体的引力扰动了天王星的轨迹。他的假设可以精确解释天王星的反常观测数据。加勒就在当晚利用他的望远镜，在勒维列预言的位置发现了海王星。

类似的话剧也在宇宙学领域再次出演。早在 1933 年，瑞士天体物理学家弗里茨·兹维基（Fritz Zwicky）发现后发（coma）星系团星系间的引力大小无法维持住整个星系团，但他没有加勒那样幸运，能找到维持整个星系团应该有的物质（星星），这意味着这类物质似乎是“看不见的”。他于是第一次提出暗物质存在的假说。实际上暗物质之所以不能被现代望远镜探测到，因为它不发射、吸收或者反射任何波长的电磁波（光、热、X 射线等）；相反，宇宙中能观测到的物质，比如星系（Galaxy）、恒星（Star）、气体（Gas）和行星（Planet）都是由能够

发射电磁波的正常物质组成的。到了 20 世纪 70 年代，天文学家给出了新一波的暗物质证据。他们测量了旋涡星系中不同恒星的速度，并由此画出了描述速度和它们到星系中心距离之间的“旋转曲线”。观测发现，速度先增大达到一个峰值（这是原来所预料的），但之后随着距离的增加速度却基本保持不变，这一点是出乎意料的。在星系外缘恒星的速度早应使它们飞出星系，但实际上并不是这样。这促使科学家认识到必定是没有探测到的物质（暗物质）维系住了这些恒星的轨道。

在发现天王星的故事中，我们看到它在错误的轨道上运行；并推断存在一个尚未发现的星体，这个星体正是用望远镜发现的海王星。而在现代宇宙学领域中，科学家也观测到一些星系在以错误的方式运行，科学家因此也推断存在尚未被观测到的星体（物质）。当然，这两出戏还是有差别的：在发现海王星的那出戏中，海王星是“亮”物质，加勒的仪器决定性地看到了从未见过的角色；但在当今的这出戏中，所预言的发生引力作用的质量则是天文仪器不能直接探测到的暗物质。此外，宇宙演变的实验数据还提出宇宙中还应存在同样不能被直接探测到的暗能量，它是在宇宙演变过程中的加速膨胀阶段所必需的。暗质量和暗能量构成了暗世界，我们只能一点点地收集它们的蛛丝马迹。现在看来，暗物质似乎是参差不齐地填充于空间不可见粒子的“海洋”之中；而暗能量则是均匀伸展于整个宇宙。

暗物质和暗能量是不是真的？科学家正在越来越多地考虑这种可能性，即暗物质不仅仅是用来解释可见星体运动的一种假设，而且还是具有丰富内部世界的宇宙的一种隐秘面。它可以由一个真正的粒子“动物园”组成，这些粒子通过新奇作用力与整个宇宙发生相互作用。

暗物质的最佳候选者——弱作用大质量粒子（WIMPs）

人们一贯把暗物质和暗能量看成是宇宙中最奇异的物质。天文学家在 20 世纪 30 年代最早推断暗物质存在的时候，他们就把惰性看成是暗物质确定

的性质。观测数据表明它与通常物质之比约为 6 比 1。天文学家认为它几乎不与普通物质发生相互作用，甚至彼此间也不发生相互作用。

天文学家认为暗物质晕 (halos) 是在宇宙历史的早期形成的，然后吸入普通物质。普通物质具有丰富的习性，它逐步发展成复杂的结构，而暗物质则由于它的惰性，仍然保持它的原初状态。至于暗能量，它的作用仅仅出现在加速宇宙膨胀方面，现有的证据表明暗能量在整个宇宙生命中完全不变。

原子内部运动和亚原子世界的详细研究推动了暗物质的研究。粒子物理学家具有利用已知物质的行为来探索物质未知形式的传统，并且他们的证据是完全独立于宇宙运动的。

对暗物质的认识思路起源于 20 世纪早期 β 放射性的发现。意大利理论家费米 (Enrico Fermi) 试图通过假设产生原子核衰变的一种新的力及其媒介粒子来解释这种现象。这种新的作用力类似于电磁力，而费米引入的新粒子类似于光子。但与光子无质量以及高流动性不一样，费米假设这种新粒子必须很重，它们的质量限制了它的作用范围并解释了为什么这种作用力使原子核破碎而在其他方面却无所作为。为了能再现被观测到的放射性同位素半衰期，它们必须很重，大约是质子的 100 倍，采用粒子物理的标准单位约为 $100\text{GeV}/c^2$ 左右。

被费米引入的新的力现在知道就是弱作用力，而被假设传递此力的粒子就是 W 和 Z 粒子，这些粒子在 20 世纪 80 年代就被发现了。它们本身并不是暗物质，但是它们的性质却暗示了暗物质。它们本来不该那么重，它们的高质量暗示了有某些东西作用在它上面——即有一种新奇粒子使得 W、Z 得到质量。大型强子对撞机 (Large Hadron Collider) 的一个目标正是寻找那些应该与 W 和 Z 粒子具有相当质量的新奇粒子，确实，物理学家认为大量的那样粒子正在等待被发现，这些粒子称为超对称性粒子，它们是与每个已知的普通粒子配对的。

这些假设的新奇粒子包括了整体上被称为弱作用大质量粒子 (Weakly Interacting Massive Particle)，或简称 WIMPs。此名源自它们仅参与弱相互作用。因为不参与在日常世界占统治地位的电磁力作用，使得它们成为完全不可见，并且几乎对正常粒子没有直接作用。因此，它们成了宇宙暗物质的最佳候选者。

然而，它们是否能真正解释暗物质这一点还取决于它们的总量多少。这正是粒子物理学家的论点真正赢得动力的地方。正如任何其他粒子那样，WIMP 粒子也是在大爆炸中产生的，高能强子对撞机 LHC 可以模拟 WIMP 粒子的产生和毁灭。WIMP 粒子数目随时间的变化取决于驱使宇宙膨胀的两个竞争效应。第一个效应是原初汤 (the primordial soup) 的冷却，此效应降低了可用于产生 WIMP 粒子的能量，故使粒子数目减少。第二个效应是粒子数的稀释 (the dilution)，它减少了碰撞的频率，直到终止碰撞。这个时刻，约在大爆炸发生后的 10ns 后，WIMP 粒子数目呈现冻结。此时，宇宙不再有能量产生 WIMP 粒子，也终止了使粒子发生湮灭的粒子间碰撞。图 1 给出了宇宙大爆炸发生后 WIMP 粒子数目冻结过程。

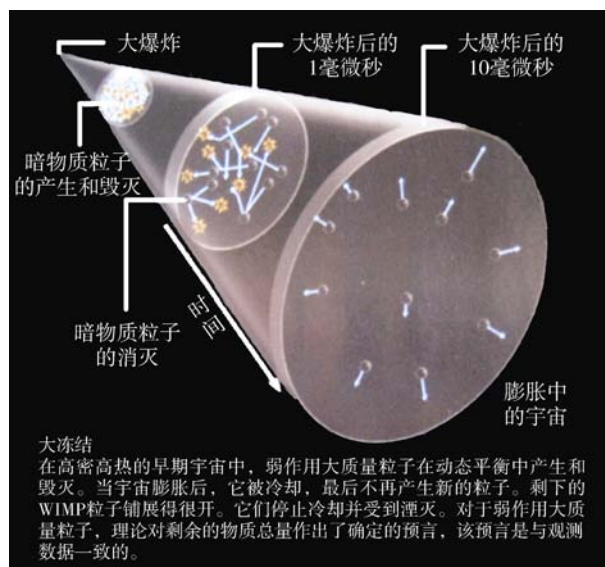


图 1 宇宙膨胀过程 WIMP 粒子数目的冻结

只要给定 WIMP 粒子的预期质量以及控制它们相互湮灭频率的相互作用强度，物理学家就很容易计算剩留的 WIMP 粒子有多少。真还有点儿惊人，在质量和相互作用强度估计的精度范围内算得的这个数目与今天解释暗物质所需要的数目一致。这种一致称为 WIMP 巧合 (WIMP coincidence)。就这样，粒子物理学中的世纪之谜粒子却漂亮地解释了宇宙学的观测数据。

下面给一个例子可形象说明 WIMP 粒子的惰性程度。计算表明读一篇科普文章的时间，就约有 10 亿这样的粒子穿过你的身体。除非你非常走运，否则，不会发生任何可辨别的效应。而在一年时间内，

可以预期在你细胞的原子核刚够发生一次 WIMP 粒子的散射并且沉积一点儿能量。为了有希望探测到那样的事例，物理学家设计了他们的粒子探测器，并长时间地监测大体积的液体和其他物质。天文学家同样在寻找星系的放射性爆发，这类爆发标记了运动 WIMP 粒子的稀有的碰撞和湮灭。寻找 WIMP 粒子的其他方法是试图把它们综合到地球实验中去。

WIMP 粒子是暗物质的唯一候选者吗？

现在对于 WIMP 粒子的寻找努力真可以说是到了异乎寻常的地步，这可能给人留下这样的印象，即 WIMP 粒子就是理论上貌似可信的暗物质的唯一候选者。真是这样吗？事实上，粒子物理学的新近发展也给出了其他的可能性。这些发展工作展示 WIMP 粒子仅仅是冰山一角。潜伏在这表面下可能是个隐秘的世界，且具有完整的自己的物质粒子和作用力。

有一种理论假设存在一种甚至比 WIMP 粒子作用更弱的粒子。这种理论假设在宇宙历史的最初毫微秒 (ns) 中形成的 WIMP 粒子其实是不稳定的，几秒钟或几天后它们可以衰变为质量与其可比的粒子，但这种衰变并不是通过弱相互作用；而引力是它们与其余自然世界的唯一联系。物理学家暂且把这样的粒子叫做超级 WIMP 粒子。

这种思想认为正是这种超级 WIMP 粒子，而不是 WIMP 粒子，才构成了今天宇宙的暗物质。超级 WIMP 也许避开了直接寻找的困境，但还是可以透过它们留在星系形状方面泄露出来的信息进行推断。在其刚产生时，超级 WIMP 粒子移动得很快，以接近光速移动。一定时间后，它们趋于静止，此后，星系开始形成。这段很少的延迟时间很重要，因为在这段时间中，宇宙膨胀尚不被完全稀释，所以它们仍可使物质依附在星系中心。暗物质中心环的密度可用来判别它究竟是由 WIMP 粒子构成的，还是超级 WIMP 粒子构成的？天文学家现在正在对此进行检查。此外，WIMP 粒子衰变到超级 WIMP 粒子还会产生副产品——光子或电子，而且这些粒子可以把轻核打碎并让它们分裂。观测表明，现在宇宙中的锂元素少于预期，也许这也为超级 WIMP 假设提供一个证据。

超级 WIMP 粒子方案也鼓励了实验物理学家进行新的观测的可能性。例如，这种理论并不要求原

初的 WIMP 粒子一定是暗的，或者是极弱作用的；它可以有一个电荷。它具有的任何电荷不会影响宇宙的进化，因为粒子衰变是那么的快。然而，这意味着只要实验者能重新产生它们，WIMP 粒子的特点非常显眼，而容易被观察。这类粒子带有一个电子同样的电荷，但比电子的质量大 10 万倍，那样的粒子快速通过探测器，并在它的路径上留下特殊的径迹。

暗作用力，隐藏的世界

超级 WIMP 模型的主要教训是无论在理论上或在观测上都没有理由，暗物质乏味得仅作为天文学家的一种带有倾向性的假设。但一旦人们容许具有超越标准 WIMP 方案性质的隐藏粒子的可能性，就自然会考虑一整套的可能性。有没有整体的隐藏粒子？有没有我们世界严格复制的隐藏世界，包括隐藏版的电子和质子，它们可以形成隐藏的原子、分子，并形成隐藏的行星，隐藏的星系，甚至隐藏的人？

暗世界确实是粒子和力的复杂的网。一些科学家发现的基于能推导 WIMP 粒子存在的相同的超对称性框架，也能推导出不是由 WIMP 粒子，而是由其他多种类型粒子的理论方案。更有甚者，在许多无 WIMP 粒子的理论中，这些粒子可以通过新假设的暗作用力发生相互作用。我们发现这些力可以改变早期宇宙中粒子产生和湮灭的速度，但是计算出的粒子数目再一次与当今的暗物质相当。这些模型还假设暗物质可以伴随一种暗弱力，或者更明确地说，一种隐式的电磁机制，这预示暗物质可以发射和反射隐藏的光。

当然，此“光”对我们而言，仍是不可见的，所以暗物质对我们眼睛仍然是暗的。新的力仍然可以有非常明显的效应。例如，它们可能产生暗粒子云，当它们彼此通过时，会发生变形。天文学家已经在著名的 Bullet 星团中找到了此效应。Bullet 星团由两个星系团组成并彼此相撞。观测数据显示，短暂碰撞的星系团泰然自若地留下暗物质，这表明任何暗力似乎都不是很强的。研究者正在对其他系统继续进行观察。

暗作用力同样容许暗粒子彼此交换能量和动量，让它们各向同性的倾向会使最初不匀称的晕变成球状。这种各向同性化过程对小星系最明显，同样公认矮星系也是这样，在那里暗物质运动很慢，

且彼此很近的徘徊，并且小效应随时间而逐渐积累增大。小星系比其他大星系“亲戚”更对称，更呈球形，这些观测数据似乎是暗物质通过新作用力发生相互作用的一种指示。应该说，天文学家现在仅仅开始着手一些必要的研究。

暗物质和暗能量之间的联系

另一件同样吸引人的事情是暗物质与暗能量之间的相互作用。大多数现有的理论都把它们断开来处理，但是并没有一个很有力的理由说它们就是那样，现在物理学家正在考虑暗物质和暗能量之间可能存在着怎样的影响。有一种期待是它们之间的相互作用可以缓解宇宙学中存在的某些问题，诸如巧合问题——也就是它们两者为什么具有可相比较的密度，即暗能量的密度大约是暗物质的3倍。

与暗能量的连接也容许暗物质粒子以不同于普通粒子的方式彼此发生相互作用。最近有一些模型容许暗能量可以对暗物质施加一种不同于在普通物质上的力。在这种力的影响下，暗物质似乎倾向于从任何已经与其作用的普通物质中拉开。2006年也有些科学家建议人们关注一些被它们的大邻居拉开的矮星系以寻找这种效应。例如，人马座矮星系正在被银河系所分割，天文学家认为它的暗物质和普通物质正在渗透到我们的银河系。几位科学家通过计算表明，如果作用在暗物质上的力是作用在普通物质上的力至少强4%或弱4%，那么两种组成成分的差额应该是可观察到的。但是，目前没有显示一点儿那样的信息。

另一种想法是暗物质和暗能量之间的联系会影响宇宙构造的生长，这种生长对其构成——其中包括它的暗的部分——的依赖很灵敏。也有一些研究者采用了这个有力的约束条件排除了很大一部分理论模型。

尽管有那么多的零结果，而面对复杂的暗世界，理论方面仍表现出巨大的兴趣，如果暗物质原本仅仅就是一堆毫无差别的WIMP粒子的话，反而会使许多研究者感到吃惊了。毕竟，看得见的物质由多种粒子组成，并且基于漂亮的对称性原理，这些粒子还可以发生数种相互作用，没有证据表明，暗物质和暗能量应该有所不同。我们可能不会遭遇暗恒星、暗行星和暗人类，正如今天我们很难想像没有海王星、冥王星和一大群甚至更远的物体，但有一天我们可能也无法设想一个没有错综复杂而迷人的暗世界。

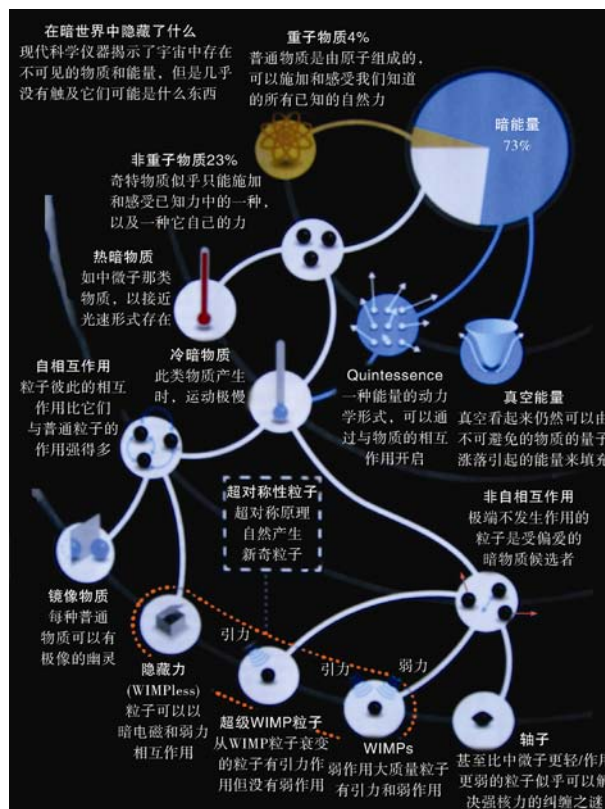


图2 纷繁的大世界

图2展示了暗世界可能隐藏的东西以及它们之间的各种联系，图中显示的宇宙正像一个纷繁的大世界。宇宙的4%是由重子物质，这是普通物质，由原子组成。重子物质可以感受已知自然界各种相互作用力，即引力相互作用、电磁相互作用、弱相互作用以及强相互作用。占23%的暗物质是非重子物质，它包括流动性极强的热暗物质——我们比较熟悉的中微子以及运动很慢的冷暗物质。冷暗物质则包括能发生自相互作用的粒子以及非自相互作用的粒子两类。自相互作用的粒子包括镜像物质以及WIMPs粒子方案的隐力模型粒子；而非自相互作用的粒子则包括WIMP粒子、超级WIMP粒子以及为解决强相互作用电荷-宇称守恒问题而引入的轴子，其中WIMP粒子可以发生弱和引力两种相互作用，超级WIMP粒子仅可发生引力作用，而轴子可发生的作用比中微子还弱。冷暗物质可能与Quintessence模型的暗能量发生作用，暗能量中还包括真空能。整体暗能量占整个宇宙组成的73%。

在这里有必要指出，图2展示的暗世界大家庭成员及其相互联系还只是某些科学家用于解释宇宙学观测结果的一些假设，实际上真正把它们搞清楚

还有很长很长的路要走，人类的历史不正是这样走过来的吗！

近年来，粒子物理学和天体物理学领域在分头进行暗物质的寻找，下面简单介绍这两方面的研究进展。

1. 物理学探索

物理上如何观测这类不可见的东西 迄今为止，天文学家所知道关于暗物质的全部事情就是它对可见物质的引力效应。但是科学家需要直接探测它，弄清它是什么。但这并不容易：顾名思义，它是难以找寻的。尽管如此，由于受到探索近 1/4 (~23%) 宇宙组成的激励，数千研究者正在寻找它。大多数研究者的努力聚焦在 WIMP 粒子的寻找上面。他们所采用的 3 类常用的探索战略即是寻找这些粒子的湮灭、散射和产生。

湮灭 当两个 WIMP 粒子遭遇时，它们彼此湮灭，并留下其他粒子，例如电子、正电子和中微子。那样的湮灭并不是经常发生的，否则不可能还有 WIMP 粒子留到今天。幸运的是，现在的实验已足够灵敏，只要有一丁点儿 WIMP 粒子的湮灭发生，就能被观察。

高空气球和卫星上的探测器，已在寻找电子和正电子。在 2011 年，航天飞机计划运送阿尔法磁谱仪到国际空间站，开始对正电子的寻找。其他观察站，如在日本的超级神冈实验和南极洲的冰立方实验正在留意观察中微子。

直接探测 暗物质穿过星系时，应该流过我们的行星。在极稀有的情况下，会碰到一个原子核并使原子核反冲。预言的反冲能量几乎是极小的，但

可能还在灵敏探测器的观察范围。低温技术展示了原子的自然振动，并使它更容易注意任何反冲。在探测器中沉积的能量掌握了锁定暗物质的基本性质。两个实验。DAMA 和 CoGeNT 声称已经探测一个信号（见下），但是，其他实验，像 XENON 和 CDMS 则没有探测到任何信号。这些实验以及其他新实验正在迅速改进他们的灵敏度，在此领域期望在不远的将来有一个令人兴奋的结果。

产生 暗物质可以在粒子对撞中产生，例如在日内瓦附近的 CERN 的大型强子对撞机 LHC 上产生，那儿质子以极高的能量对撞。暗物质产生是暗物质湮灭的反演：如果暗物质可以湮灭为普通物质，那么它也可以在普通物质的碰撞中产生。暗物质产生的信号应该是在碰撞中能量和动量的丢失，这些丢失表明一些惰性粒子已产生，它们没有被探测器记录而逃离了探测器。这些设计来梳理亚原子世界秘密的巨大的实验也许可以逐步发现宇宙物质的主要组成。表 1 列出了声称已探测到暗物质粒子的实验。

2. 天文学观察数据

有力的子弹 (Bullet) 除了第一节提到的宇宙学观测数据的证据以外，暗物质的另一个证据则来自星系团之间的碰撞。我们知道，虽然暗物质无法直接观测，但它却能干扰星体发出的光波或引力，从而使它的存在能被感受到。

美国斯坦福直线加速器中心 (SLAC) 的 Kavli 粒子天体物理和宇宙学研究所 (Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology) 的 Marusa Bradac 和他的同事们对一个离我们三十亿光年远的

表 1 声称已探测到暗物质粒子的实验

| 实验 | CDMS | DAMA | CoGeNT | PAMELA |
|--------------|------------------------------|------------------------|--|---|
| 实验名称含义 | Cryogenic Dark Matter Search | DARk MATter | Coherent Germanium Neutrino Technology | Payload Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics |
| 实验地点 | 明尼苏达 Soudan 矿井 | Gran Sasso 地下实验室 (意大利) | Soudan 矿井 | 附于俄国卫星 |
| 实验看到了什么 | 2 个反冲事例 | 反冲事例数的年度变化 | 反冲事例 | 正电子数超额 |
| 为什么说信号可信 | 直接测量，预期的暗物质信号 | 统计显著性 | 对超低能反冲事例灵敏 | 直接测量，预期的暗物质湮灭信号 |
| 为什么信号可能不是真的 | 没有统计显著性 | 被其他实验明显排除 | 也可能是普通核事例 | 天体物理的来源也可以解释 |
| 什么实验将继续此实验观测 | 超级 CDMS, NENON | XENON, MAJORANA | XENON, MAJORANA | 阿尔法磁谱仪 |

星系团 (Galaxy Cluster) 进行了这次划时代的观测。对子弹星系团 (Bullet Cluster) 的观测结果为证实暗物质的存在提供了迄今为止最强有力的证据。子弹星系团实际上是两团星系迎面相遇并彼此穿过而形成的。由于两个星系团以每小时一亿英里的速度撞到一起, 它们内部包含的发光物质由于相互之间存在引力之外的相互作用力, 相互挤压而出现减速。但是两星系团中的暗物质由于相互之间没有这种排斥力, 它们并不减速, 从而直接穿过。这样就导致暗物质跑到发光物质的前面去了, 这样每个星系团就分成了两部分: 暗物质在前, 发光物质在后。如图 3 所示。

研究者们比较了发光物质的 X 射线图和对星系团总质量的测量结果, 从而探测到了暗物质和发光物质的分离。2006 年他们观测了星系团所导致的引力透镜效应 (Gravitational Lensing Effect) ——在这种现象中, 从星系团后部星体发出的光由于受到星系团引力的作用而发生偏折, 星系团的质量越大偏折就越厉害, 反之光线偏折得越大就说明星系团的质量越大——从而获得了星系团的总质量。子弹星系团 (Bullet Cluster) 的观测结果给科学家确认和进一步研究暗物质带来了巨大的希望, 其作用决不亚于战场上一颗“有力的子弹”。



图 3 子弹星系团内的相撞。它们是两团星系, 彼此互相碰撞, 碰撞对星系中的恒星 (图中的可见象) 几乎没有什么影响, 因为它们在碰撞中只是提供了尺度很小的靶子。然而, 体积庞大的星际气体云彼此猛烈撞击, 碰撞后的庞大的星际气体云在图中依稀可以看到 4 部分, 中间稍亮的两团, 这是星际气体云中普通物质产生极高温而发射 X 射线。真正神奇的是外缘的两团, 正是因为暗物质的引力使背面星体发出的星光发生扭曲, 此引力透镜效应是在 2006 年被探测到。除了庞大的引力质量外, 碰撞过程没有其他相互作用: 不活泼的粒子对身边的熊熊烈焰视而不见。

(中国科学院高能物理所 100049)

稿件许多内容取于“Hidden Worlds of Dark Matter” by Jonathan Feng and Mark Trodden, Scientific American, Vol.303, no5, November 2010.



科苑快讯

烟草燃烧的标志物

烟草点燃后会释放成千上万的不同分子, 因此无法通过唯一的标志物来确定烟雾来自点燃的香烟。不过, 这一局面终于被西班牙赫罗纳大学 (University of Girona) 的桑切斯 (Juan M. Sanchez) 和同事打破了。

他们收集了来自当地 56 个咖啡馆和餐厅的空气样本, 从中分离出一种简单的分子——2,5 二甲基呋喃 (2,5-dimethylfuran)。这种分子在汽车尾气、厨房油烟或其他燃烧过程产生的烟雾中都未曾发现, 可以作为烟草燃烧的唯一标志物。这种分子的探测非常敏感, 甚至可以在处于烟雾缭绕环境中不吸烟者的呼出的气体中发现。

(高凌云编译自 2010 年 11 月《欧洲核子中心快报》)

封面照片说明

北京时间 2011 年 2 月 10 日消息, 美国宇航局的 STEREO 探测器首次成功绘制了太阳的完整立体 3D 图像。该探测器于 2006 年 10 月升空, 其主要用于对日地间的物质与能量流进行监测。有来自美国、英国、法国、德国、比利时、荷兰、瑞士等国的科学家们参与了这个项目。该研究对人们更好地了解太阳及太阳对地球的影响有着深远的意义。

封底照片说明

首架能够重复使用的无人驾驶航天飞机 X-37B 将于 2011 年 4 月在美国升入太空, 进行首次试验飞行。X-37B 较之以往, 外表像是缩小版的航天飞机。它与以往航天飞机最为不同的是它将滑翔返回地球, 并在美国加利福尼亚州着陆。X-37B 因其尺寸相对较小, 发射成本相对较低, 无需宇航员操作, 过程简单且能重复使用, 而受到科学家的高度关注。