

上帝粒子的发现

-----物理学会特邀科普（物理教学杂志）

杨金民

中国科学院理论物理研究所

摘要： 本文简述被誉为上帝粒子的黑格斯的发现，从物质世界的基本组成去讨论这一发现的科学意义，并进而引申关联到超对称理论和暗物质问题。

关键词： 黑格斯；LHC 对撞机；超对称

2012年7月4日新闻记者和科学工作者百鸟朝凤般云集于日内瓦的欧洲核子研究中心，该中心的大型质子对撞机LHC的两个实验组ATLAS和CMS分别宣称发现了一个质量大约为125 GeV的新粒子（置信度是99.9999%），这个粒子的行为与被誉为上帝粒子的黑格斯（Higgs）相符合。至此，人们苦苦寻找几十年的神秘的黑格斯粒子终于被发现了。

黑格斯的发现震惊了世界，再次显示了人类高超的智慧。黑格斯粒子是英国科学家皮特·黑格斯（Peter Higgs）等人于1964年提出的，其主要功能是提供质量，即所有粒子的质量都是由黑格斯赏赐的，这一质量产生机制简单而优美，这近似神话般的胡诌最终被证明是正确的，人类凭自己的血肉大脑竟然摸透了上帝创造世界的玄机！

黑格斯的寻找是一项耗费惊人的巨大工程，上一世纪九十年代欧洲的LEP对撞机和去年刚刚关闭的美国的Tevatron对撞机都针对黑格斯进行了全力寻找，也朦朦胧胧看到了一点黑格斯的迹象，但终因能量和亮度达不到而与黑格斯失之交臂。曾经因花费太大而被美国国会终止的超级超导对撞机SSC也剑指黑格斯，SSC的天折把发现黑格斯的荣耀让给了欧洲人，欧洲花费上百亿美元建造的LHC对撞机终于找到了神秘的黑格斯粒子，使得欧洲超越美国再次登上了科学的宝鼎。

为了寻找黑格斯粒子所花费的金钱、时间和精力在科学史上是没有前例的。这个粒子究竟是什么？它有那么重要吗？为什么非要找到它呢？

黑格斯对理解我们这个世界的组成确实很重要，它负责物质世界的质量起源。首先我们看看物质世界的组成。组成物质世界的基本砖块是两种夸克（u夸克和d夸克）和电子，它们联手组成了原子，原子组成了宇宙尘土，某些不甘寂寞的宇宙尘土巧妙联合混成了生命和人类。所以，我们人类的老祖宗是三剑客：u夸克、d夸克和电子。虽然组成我们物质世界只需要这两种夸克和电子，但是后来发现这两种夸克还有堂兄弟（‘二门’堂兄弟是c夸克和s夸克；‘三门’堂兄弟是t夸克和b夸克），电子也有堂兄弟（分别为 μ 轻子和 τ 轻子）。人们不理解上

帝为何创造这些多余的堂兄弟们。其实，这些多余的成员都极不稳定，寿命极短，产生出来后立即就衰变掉了。也就是说上帝产生了它们，给了它们肉身，但是它们出生后马上就夭折了，而只有‘一门’的兄弟们（u 夸克、d 夸克和电子）幸存下来并与上帝同在。

在基本粒子大家庭中，夸克带色又带电，属于强权阶层，它们之间的色作用是通过胶子（gluon）拉的皮条，这种作用很激烈（物理上叫强作用）以至于把这些好色的夸克都永远地囚禁在色窟之中（物理上叫夸克禁闭），它们终身不得自由，一旦自由就会引起天下大乱而导致世界回到一片混沌；轻子带电不带色，属于较弱的一个阶级，它们远离色的引诱而只参与由 W-玻色子、Z-玻色子和光子传导的电弱作用，因此它们是自由的干净的；真正的无产者自由派是我们不熟悉的中微子（英文名字分别叫 ν_e, ν_μ, ν_τ ），这些中微子太轻微太渺小了，其体重还不到电子质量的百万分之一，它们既不带电也不带色，一无所有的它们优哉游哉、逍遥洒脱、与世无争（与别的粒子作用极弱），具有极强的穿透力和接近光速的飞行速度（前一阵意大利的 Opera 实验曾宣称发现中微子的速度超过光速，后来他们自己发现松懈的电缆导致了错误的结论，光速仍是不可超越的极限速度），这样，遥远的天体里所产生的中微子可以直达我们的地球，向我们诉说那银河里所发生的故事，比如，太阳发来的中微子告诉我们太阳的发光机理，超新星发来的中微子告知我们超新星的爆发机制，还有宇宙婴儿时期所留下的背景中微子可以告诉我们早期宇宙所发生的故事。

上帝创造这些中微子是有理由的，作为物质世界基本砖块的夸克和轻子，它们不善独舞，必须得有舞伴，它们表演出来的二重奏（物理上叫作二重态）是这样组合的： (u, d) ； (c, s) ； (t, b) ； (ν_e, e) ； (ν_μ, μ) ； (ν_τ, τ) ，这种看起来一阳一阴梁祝似的组合恰恰符合我们中国人的审美观，阴阳交合一起翩翩起舞，舞出了一个美妙的大千世界。但是，基本粒子世界也不是一个民主国度，统治这个国家的法理看起来也不合理，比如，只有左手夸克和轻子才允许配对进行二重奏，右手夸克和轻子只能孤单地旁观，上帝为何偏爱左而冷落右？这没理可讲，因为上帝本身可能就是一个独裁者，从西游记小说我们早就知道玉皇大帝（等同于西方的上帝吧）其实是个愚蠢的独裁者，要不是借助如来佛祖的力量，它的天堂王国早就被民主人士（孙悟空同志）给捣烂了。

基本粒子大家庭中的黑格斯最为高贵，它与众不同、完全可以称孤道寡（它的自旋是 0，跟别的粒子都不一样），它扮演天子（上帝粒子）的角色，想要质量的粒子必须到它这儿来乞讨，它愿意给谁质量就给谁，愿意给多少就给多少，不服也没地方去讲理，传递最脏的色作用的胶子因不受天子的喜欢而没有得到质量，传递电磁作用的光子因过分显耀自己也没有讨得质量，胶子和光子想要传递信息给黑格斯（专业术语是发生作用或耦合）就必须得通过别的成员进行传递（专业术语叫通过圈图）。另外，得到质量的粒子也是严重的分配不均，比如，t-夸克的质量是其舞伴 b-夸克质量的几十倍，这种严重的不公平肯定会激起爱好民主人士的愤怒。

随着黑格斯的发现，基本粒子家族就全部展现在我们面前了，这个家族内部虽然也有不公平因而不能说和谐，但每个成员各司其职、共同主导着丰富多彩的物质世界。注意：我们这儿

所说的世界是指看得见的光明世界。至于宇宙中的黑暗部分，那是目前我们还了解的一个聊斋世界，那个世界由另一种基本粒子（叫暗物质粒子）所主宰的，这种暗物质粒子除了像中微子那样不带色不带电之外，它还是宇宙中真正的多数派，比我们看得见的物质要多得多，它们如梦如幻时刻云游于我们周围，但我们却看不见摸不着它们，它们的质量可能跟黑格斯无关，可能来自另外的宇宙（物理上叫 **hidden sector**）。

黑格斯长得什么样？谁见过它？其实我们身边早就没了黑格斯的踪影。黑格斯粒子只是在宇宙创生之初昙花一现，它在完成使命（给其它粒子赋予质量）之后马上就涅槃了。我们的宇宙起源于 137 亿年前的一次大爆炸，当初的情境就像圣经描述的那样一片混沌，那个爆炸的火球内充斥着大量的黑格斯粒子，后来当太阳和地球形成的时候黑格斯早就衰变掉了，太阳和地球没有看到过黑格斯，只有宇宙老人在他还是婴儿的时候见到过黑格斯。

既然我们的现实世界中已经没有了黑格斯，要想看到它，就必须使它重生，重新产生出黑格斯的工厂就是高能对撞机。LHC 重生了黑格斯并看到了它的面目，这将载入世界科学史册和人类文明史册。黑格斯的发现有什么科学意义？伴随黑格斯而来的还有其它新粒子吗？137 亿年之前与黑格斯同宫共舞的应该还有很多伙伴，其中有个大家族就是超对称粒子（它们也早已衰变掉了，也只有在对撞机上才能再现身）。从理论上讲，如果存在基本的黑格斯粒子，那么只有超对称理论才是它存在的天堂，在那里它如鱼得水、存在得自然、生活得安逸和谐，离开超对称，黑格斯就会象疯狂脱缰的野马（专业术语是量子效应让黑格斯不稳定）。另外，超对称除了预言大量的超粒子之外，还预言黑格斯粒子有好几个兄弟姐妹（共兄妹 5 个），它们一起组成一个快乐和谐的小家庭（刚刚发现的这个黑格斯是其中的幺妹），寻找这些新粒子是 LHC 义不容辞的任务。

黑格斯的发现说明我们人类摸到了上帝的脉搏，初步理清了上帝创造世界的混账思路（最让人不满的是其中的不民主，最明显的例子是左手粒子和右手粒子之间的不公平待遇）。黑格斯的发现确实是个里程碑，但仅仅是个开始。正像考古学家揭开一个汉墓时遇到的情形，黑格斯就像一个棺材板，发现黑格斯就象刚刚揭开棺材板，接下来的工作是清理发现并识别棺椁中的宝藏，说清其中的秘密。有一点不同的是，黑格斯粒子家族和超对称粒子家族早就死了（已经死去 100 多亿年了），我们可以借助 LHC 对撞机让它们重生并看到它们鲜活的面孔，但是汉墓中的尸体不能在对撞机上重新复活了。