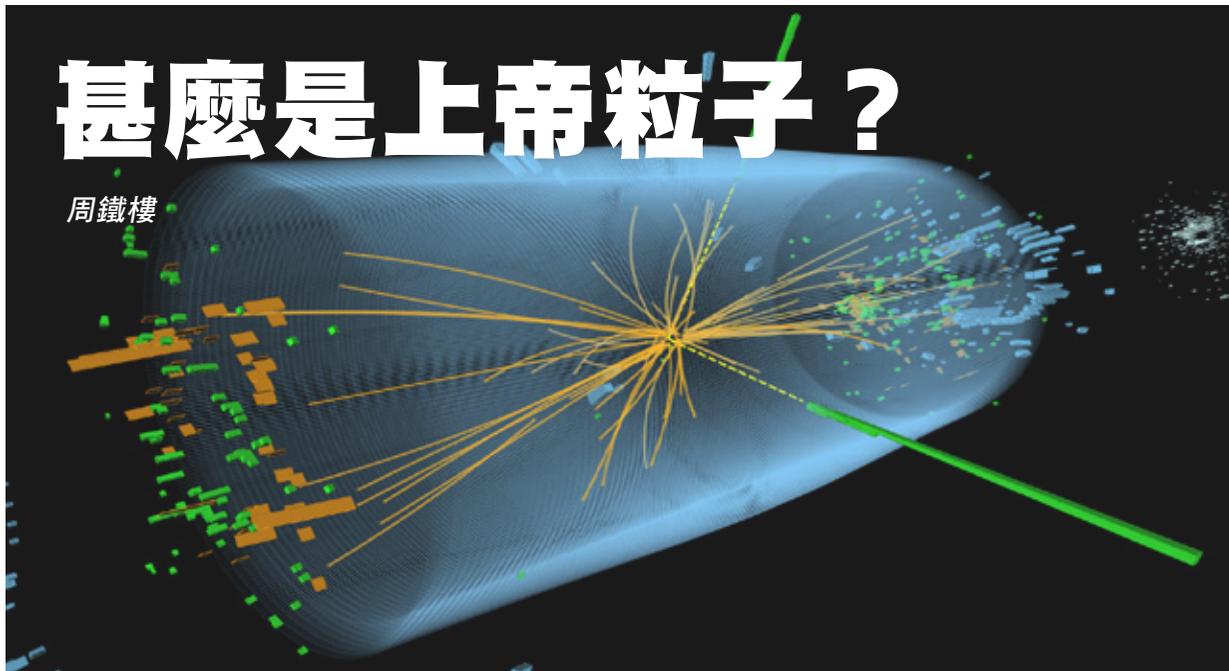


甚麼是上帝粒子？

周鐵樓



2013年諾貝爾物理獎頒給兩位年長的物理學家：蘇格蘭的希格斯(Peter Higgs, 84歲)和比利時的恩格勒(Francois Englert, 80歲)，表揚他們50年前預測基本粒子「希格斯粒子」的存在。現在希格斯粒子常被稱為「上帝粒子」。

甚麼是希格斯粒子？回答這個問題前，我們要先對粒子物理的發展作一個簡述。人們一直在尋求物質構成的基本單元。1808年英國中學化學教師約翰道爾頓(John Dalton)引進原子觀念後，原子一直被認為是不可分的，是物質構成的基本單元。(在古希臘時代即有原子說，但從未當作科學題目。)直到二十世紀初期，發現原子是由原子核和電子構成的。1932年中子被發現後，進一步認識到原子核是由中子和質子組成的。不久，在 β 衰變中發現了中微子和正電子，接著又在宇宙線中發現了很多粒子，像 m 介子和 p 介子等等。不同設計的高能加速器和探測器發展後，發現更多的粒子。現在實驗物理已可窺探物質的結構至非常微小的尺度，大約等於質子半徑的百分之一了。

粒子可分為兩大類，這與粒子的屬性有關。粒子有很多基本屬性，如質量、電荷、自旋等等。

自旋是粒子的本征(內在)運動，在此運動過程中，粒子的空間坐標不變，我們稱這種運動為自旋，像一個陀螺繞著一軸線自轉(嚴格說來，這並不是一個很好的比喻。)根據自旋，粒子可分為費米子(fermions)和玻色子(bosons)；費米子具有半整數自旋， $1/2$ 、 $1/3$ ……〔自旋的單位是蒲朗克常數(Plank's constant) h 〕，具有整數自旋(0, 1, 2 ……)的粒子稱為玻色子。費米子構成物質，而玻色子是傳播能量和粒子相互作用的媒介。

粒子之間的相互作用力只有四種：強相互作用力、電磁力、弱相互作用力和引力(重力)。(電磁力和弱相互作用力已統一為電弱相互作用力。)

標準模型

到了1960年代前期，粒子的研究已經積累了相當豐富的資料，物理學家們急想建立一個類似化學元素周期表的統一理論，以期解釋通過前三種力相互作用的所有粒子。1960年代後期，粒子物理的標準模型終被建立，將通過前三種力相互作用的粒子看作是由12個基本粒子組成的。基本粒子是沒有內部結構的，它是不可再分的。這12個基本粒子分成

兩群：誇克(Quarks)和輕子(Leptons)。混亂的粒子物理情況總算得到了控制。我們把這12個基本粒子列於下表：

誇克	符號	輕子	符號
Up 上	u	電子	e^-
Down 下	d	電子-中微子	ν_e
Strange 奇	s	μ -子	μ^-
Charm 粲	c	μ -中微子	ν_μ
Bottom 底	b	τ -子	τ^-
Top 頂	t	τ -中微子	ν_τ

輕子(leptons)是不直接參與強相互作用的粒子，它們的自旋是 $1/2 h$ ，是費米子。所有受到強相互作用影響的粒子稱為強子(hadrons)，也是費米子。強子，如質子和中子，是由誇克(quarks)和反誇克(anti-quarks)組成的，而將誇克連在一起的是膠子(gluons)。

按照標準模型，除了6種誇克和6種輕子外，還有不同的玻色子，它們是傳播能量和物質粒子相互作用的媒介。標準模型認為從這12種基本粒子——誇克和輕子——可以產生62種粒子，宇宙物質就是由這些粒子組成的。

希格斯場和希格斯粒子

標準模型有一個重要缺陷，它不能解釋物質粒子是如何獲得質量的。1964年希格斯提出宇宙間有一種無所不在能量場(後被稱為「希格斯場」)的設想，粒子在這個「場」裏面遊弋，「場」就把能量傳輸給粒子，依據愛因斯坦的質能互換理論，粒子便是這樣獲得了質量。

讓我們花一點時間來介紹「場」的概念。我們都習知直接接觸力，如推力或拉力；但像引力，則是作用於兩個相距甚遠的物體。我們用這個為例子來介紹場的概念。牛頓的引力定律說：若有兩個質點，質量分別是 m_A 和 m_B ，相互之間的距離為 r ，則它們之間的引力為

$$F = G \frac{m_A m_B}{r^2} \quad , \text{ 其中 } G \text{ 為引力常數。}$$

牛頓引力定律意味著質點 m_A 的引力瞬間就傳到質點 m_B ，亦即傳達的速度是無窮大。這與狹義相對論「光速為極限」相矛盾。為了解除這種矛盾，就引進了「場」的概念。當一個質點置於空間某點，在這點附近的空間的性質就被改變。我們說，第一個質點建立了它的力場，另一個質點帶到這個區域，將與第一質點的力場產生作用，作用再傳到第一質點。從這個例子我們看到「場」是帶有某種物理量的空間，在我們的例子，這「某種物理量」是作用力(force)。說得清楚一點，我們可這樣定義「場」：如果在全部或部分空間的每一點，都對應著某種物理量的一個確定的值，這個空間就確定了該物理量的一個「場」。簡言之，我們把分佈在一定空間的某種物理量稱為「場」。「希格斯場」是一種「能量場」。〔「場」的觀念是由於法拉第(Faraday)的電流之磁效應所引起，而後由馬克斯威爾(James Clerk Maxwell, 1831-1879)正式引進物理學，「場」的重要性在相對論發展後才完全瞭解。〕

希格斯粒子是希格斯場的「場量子」，一種具有很大質量，沒有自旋，不帶電荷的玻色子。量子是一個不可分割的基本個體。量子論的基本概念是所有的物理量是「可量子化的」。「量子化」指其物理量的數值會是一些特定的數值，而不是任意值。讀者對於「場量子」的概念可能很生疏，我們試以電磁場為例來簡單介紹場量子的概念。

電磁場的運動可以分成為一系列基本的、簡單的振動，電磁場振動就形成電磁波。任何一種基本振動在量子化以後，它的能量只取一系列不連續的數值，就是我們常聽到的「光子」。振動激發的消失相應於光子的消失。

我們現在知道各種粒子在希格斯場裏遊弋時，

希格斯玻色子就扮演著傳遞能量與交互作用的媒介。

約在30年前，希格斯玻色子被利昂萊德曼(Leon Lederman, 1988年諾貝爾物理獎得主)稱為「上帝粒子」，並用為他暢銷書的書名，就是這個名稱的來由。

上帝粒子的搜尋

自希格斯提出他的設想後，如何証實希格斯玻色子的存在就成為物理學界一個炙熱的研究課題，如果不存在，標準模型的大廈就立即傾倒。宇宙只是空蕩無物質的空間，你我當然也不存在。

由於希格斯玻色子的質量較大，搜尋者要用高能粒子加速器。1998年位於日內瓦近郊的「歐洲核子研究中心(CERN)」建成「大型強子對撞器(LHC)」，將質子加速到近光速，以粒子對撞來達到超高能量(14萬億電子伏特)，再藉愛因斯坦質能轉換公式及量子力學原理，將撞擊能量轉換為粒子，從中找出希格斯玻色子。這些希格斯玻色子立刻衰變為雙光子(或4個輕子)。LHC於2008年啟用，它的兩個最大偵測器產生的資料量，每秒千億次碰撞，足可裝滿10萬張光碟，6個月所得的數據，由6,000多位物理學家分析，找到300件希格斯玻色子衰變的證據。2012年9月，兩篇研究結果報告在Physics Letters發表，每篇論文由3,000多位元物理學家具名，這是近代物理學一項劃時代的事。

希格斯玻色子顯明上帝的全能

希格斯場是非常特殊的。普通物理量場都有局限性，例如：核力場局限在原子核內，電磁場存在於帶電物體之間，一個不帶電物體置於電磁場中不會感受到電磁力。希格斯場是充塞宇宙，無所不在，並且含有能量，是物質粒子質量的來源。希格斯場怎麼會有如此大的能量？是從神來的！

創世記一章一節說：「起初，神創造天地。」這是神對天地主權的宣佈。接著3-24節說萬物(從

光、青草、蔬果、植物到水中和地上的活物)都是藉著神的話造的。詩三十三6、9也說，萬象是藉著神的話造的。因此，絕大多數人以為神的創造是無中生有。我們看聖經是怎麼說的：「我們因著信，就知道諸世界是藉神話造成的；這樣，所看見的，並不是從顯然之物造出來的。」(來十一3)「並不是從顯然之物」的希臘原文直譯是「見不到的實體」；即真有其物，只是看不到而已。現今科學家稱之為能量(energy)。再者，「創造」的希伯來文是**bara**(創世記的原文是希伯來文)，這用語本身並不排除先存物質的使用。這先存物質是不能看見的，就是神話語的大能。耶利米說：「你(耶和華)曾用大能和伸出來的膀臂創造天地。」(耶三十二17)所以，神的創造不是無中生有，而是從不可見的神話語的無限能量。

神創造宇宙和其中萬物，並用大能托住萬有。希格斯場和希格斯粒子(玻色子)的存在，証實了神托住萬有。

希格斯場和希格斯粒子的存在，顯明神在向我們逐漸啟示創造的細節。神沒有向摩西默示創造的過程，或萬物運行的定律，是因為當時人不能理解。我們現在應當對於探索神創造的過程有信心；若沒有科學家用量子力學解釋宇宙，就不會有「希格斯場」和「希格斯粒子」。這個發現不僅讓兩位物理學家獲得2013年諾貝爾物理獎，也鼓勵基督徒透過科學探索更多認識神。可惜，今天的傳道人和神學院的畢業生連普通科學語言都沒有，不能和科學工作者對話溝通，實在愧對愛我們的神！

1979年諾貝爾物理獎獲得者溫伯格(Steven Weinberg)曾說：「當我們越發現宇宙的包羅萬有，就越覺得沒有意義。」對於我們基督徒來說，當我們越覺得宇宙包羅萬有，我們愈發歸頌讚給神，正如詩篇十九1所說：「諸天述說神的榮耀，穹蒼傳揚祂的手段。」

(作者為退休物理學教授)