

若二十世紀最重要的科學是相對論，
無庸置疑，二十一世紀就是希格斯粒子！
耗資數十億美元、集結上千科學家、尋找長達五十年
——希格斯粒子究竟是什麼？

Amazon讀者四顆半星推薦

★★★★☆

諾貝爾物理學獎得主 溫伯格
專文推薦

上帝的粒子

希格斯粒子的發明與發現

Higgs

The Invention and Discovery of the 'God Particle'

賀！

「上帝粒子」科學家獲
2013諾貝爾
物理學獎

Jim Baggott 巴格特◎著 柯明憲◎譯

李世昌 中央研究院院士
侯維恕 台灣CMS團隊總主持人
高涌泉 台灣大學物理系教授
郭家銘 中央大學物理系助理教授

陳凱風 台灣大學物理系副教授
張寶棟 台灣大學物理系教授
趙元 台灣大學物理系研究員
熊怡 台灣大學物理系主任

聯合推薦
(依姓氏筆畫排列)

好評推薦	5
深入導讀：希格斯粒子奇異之旅 高涌泉	7
序	15
前言 溫伯格	19
序 幕 組成與物質	25
第一部 發明	39
第一章 如詩般的邏輯概念	40
第二章 不是個好理由	55
第三章 無法理解這理論的價值所在	67
第四章 對的想法，卻應用錯了問題	82
第五章 我辦得到	101
第二部 發現	117
第六章 捉摸不定的中性流	118
第七章 非 W 粒子莫屬	132
第八章 放手一搏	148
第九章 美妙時刻	160
第十章 莎士比亞的問題	179
尾 聲 質量從何而來	205
尾注	209
詞彙表	219
中英對照表	240

貓頭鷹書房

有些書套著嚴肅的學術外衣，但內容平易近人，非常好讀；有些書討論近乎冷僻的主題，其實意蘊深遠，充滿閱讀的樂趣；還有些書大家時時掛在嘴邊，但我們卻從未看過……

如果沒有人推薦、提醒、出版，這些散發著智慧光芒的傑作，就會在我們的生命中錯失——因此我們有了**貓頭鷹書房**，作為這些書安身立命的家，也作為我們智性活動的主題樂園。

貓頭鷹書房——智者在此垂釣

內容簡介

科學家不計代價，耗資數十億美元，就是為了尋找希格斯粒子。於一九六四年被發表的希格斯機制，解釋了標準模型理論的質量問題。當理論中的粒子一一被發現，難以捉摸的希格斯粒子便成了標準模型的最後一塊拼圖。本書由兩大部分組成，分別是粒子物理學理論的發明與希格斯粒子的發現，可謂首本最完整的希格斯粒子傳記。作者清楚解釋眾多理論與實驗內容，細膩描繪不同理論的消長，直指希格斯粒子是證明標準模型的關鍵，並帶領讀者一步步揭開希格斯粒子的神祕面紗，也為希格斯粒子發現後的物理發展留下伏筆。

作者簡介

巴格特（Jim Baggott）曾任學院科學家，現職為獨立商業顧問，但仍維持對科學、哲學和歷史的廣泛興趣，並且持續在閒暇時對這些主題提筆寫作。曾獲格勒克斯科學作家大獎，著作包括：《原子：第一次物理戰爭，以及一九三九至四九年的原子彈祕史》、《不可估量：現代物理、哲學及量子理論的意義》、《現實初學者手冊》、《量子故事：歷史的四十個瞬間》、《完美對稱：富勒烯的意外發現》，以及《量子理論的意義：寫給化學系及物理系學生的指南》。作者對物理發展具有獨到眼光，在希格斯粒子被發現的前兩年，即預測粒子物理學研究會有突破性進展，便早早開始撰寫本書，使得本書能在希格斯粒子被發現後隨即出版，成為首本最完整的希格斯粒子傳記。

譯者簡介

柯明憲，一九八一年生於雲林，清大資工所畢業，正職為軟體工程師。崇拜艾西莫夫和葉李華，譯有《神擇基因》。

貓頭鷹書房 241

上帝的粒子

希格斯粒子的發明與發現

Higgs

The Invention and Discovery of the ‘God Particle’

巴格特◎著

柯明憲◎譯



貓頭鷹

Higgs: The Invention and Discovery of the 'God Particle' by Jim Baggott

Copyright © 2012 by Jim Baggott

This edition arranged with Oxford University Press, Inc.,

through the Chinese Connection Agency, a division of The Yao Enterprises, LLC.

Traditional Chinese translation copyright © 2013 by Owl Publishing House, a division of

Cité Publishing Ltd.

All rights reserved.

貓頭鷹書房 241

ISBN 978-986-262-151-6

上帝的粒子：希格斯粒子的發明與發現

作者 巴格特 (Jim Baggott)

譯者 柯明憲

主編 陳穎青

責任編輯 曾琬迪、吳欣庭

協力編輯 楊琬晴

校對 魏秋綢

版面構成 健呈電腦排版股份有限公司

封面設計 李東記

行銷業務 張芝瑜、李宥紳

總編輯 謝宜英

社長 陳穎青 (老貓)

出版者 貓頭鷹出版

發行人 涂玉雲

發行 英屬蓋曼群島商家庭傳媒股份有限公司城邦分公司

104 台北市中山區民生東路二段 141 號 2 樓

劃撥帳號：19863813；戶名：書虫股份有限公司

城邦讀書花園：www.cite.com.tw 購書服務信箱：service@readingclub.com.tw

購書服務專線：02-25007718 ~ 9 (週一至週五上午 09:30-12:00；下午 13:30-17:00)

24 小時傳真專線：02-25001990 ~ 1

香港發行所 城邦 (香港) 出版集團 / 電話：852-25086231 / 傳真：852-25789337

馬新發行所 城邦 (馬新) 出版集團 / 電話：603-90578822 / 傳真：603-90576622

印製廠 成陽印刷股份有限公司

初版 2013 年 7 月

一版三刷 2013 年 10 月

定價 新台幣 320 元 / 港幣 107 元

有著作權・侵害必究

缺頁或破損請寄回更換

讀者服務信箱 owl@cph.com.tw

貓頭鷹知識網 http://www.owls.tw

歡迎上網訂購；

大量團購請洽專線 02-25007696 轉 2729

城邦讀書花園

www.cite.com.tw

國家圖書館出版品預行編目資料

上帝的粒子：希格斯粒子的發明與發現 / 巴格特 (Jim Baggott) 著；柯明憲譯。-- 初版。-- 臺北市：貓頭鷹出版：家庭傳媒城邦分公司發行，2013.07
256 面：15×21 公分。-- (貓頭鷹書房；241)
譯自：Higgs: the invention and discovery of the 'God particle'

ISBN 978-986-262-151-6 (平裝)

1. 粒子 2. 核子物理學 3. 通俗作品

339.4

102010415

好評推薦

這本書簡潔清晰的筆調，讓它在探勘深奧智識的漫漫長路上，成為了極為實用的指引。

——《自然》

我很樂意將這本書推薦給對粒子物理學在二〇一二年發現候選希格斯粒子的相關發展歷史感興趣的讀者。許多來自台灣的科學家在國科會、中研院和多所大學的支持下，也參與了書中所提到的 ATLAS 和 CMS，以及費米實驗室的對撞機探測器實驗。

——李世昌，中央研究院院士

神之粒子還是「神遣」粒子其實還未定論，就讓本書告訴你何以前者獨領風騷吧！

——侯維恕，台灣大學特聘教授、台灣 CMS 團隊總主持人

【攻頂計畫主持人】

希格斯粒子和大強子對撞機近幾年來屢屢攻佔國際新聞版面：尋找希格斯粒子在過去數十年間，一直被視為高能物理實驗中的「聖杯」。如同古埃及耗費十萬人、二十年之力，才能建造出一座金字塔，近代科學家在尋找有「上帝的粒子」之稱的希格斯粒子的過程，也是一樣艱辛。想知道其理論發展背景和實驗上是如何一步步尋找這個粒子，就讓這本書帶領你一窺其究。

——郭家銘，中央大學物理系助理教授

6 上帝的粒子

這是一本把近一百年來粒子物理學的發展，用完全沒有方程式的方式回顧一遍的好書。對於一般讀者而言，近數十年來的物理發展完全超出一般教科書的範疇，因此難度相當不易。本書呈現了過去的物理學家如何猜測、如何將所謂的標準模型從無到有，一步步建構出今日對基本粒子物理的完整知識，以及直到最後一刻，如何在大強子對撞機發現希格斯粒子，是個非常值得一看的故事。

——陳凱風，台灣大學物理系副教授

作者以生動的比喻與洗鍊的文筆，將希格斯粒子相關的物理和提出希格斯機制的前因後果呈現出來，本書值得一讀。

——張寶棣，台灣大學物理系教授

書中寫到倫敦大學教授米勒的類比，以英國政治人物都能理解的方式，來向讀者說明希格斯機制。同時，這中間美國與歐洲在二次大戰後，科學競賽中的暗潮湧湧，對於非理科的讀者而言，應該更是引人入勝。

——趙元，台灣大學物理系研究員

一本好書！本書以深入淺出的方式闡述希格斯粒子（暱稱上帝粒子）的理論基礎和搜尋的歷史背景，告訴我們為什麼物理學家要竭盡所能地提昇粒子加速器的對撞能量及方式，一代又一代地以團隊的方式建造最先進的大型粒子探測器和粒子加速器，終於鏖而不捨地尋找到夢寐以求的上帝粒子。

——熊怡，台灣大學物理系主任

■深入導讀

希格斯粒子奇異之旅

高涌泉

二〇一二年七月四日，歐洲核子研究組織（CERN）主任霍爾（Rolf-Dieter Heyer）主持了一場全球矚目的學術發表會，隨後召開記者會，宣布 CERN 位於瑞士日內瓦的大強子對撞機（LHC）的兩個實驗團隊 ATLAS 與 CMS，發現了一個質量約 125 GeV 的嶄新基本粒子。這個粒子的性質很類似物理學家期盼已非常久的希格斯粒子，使得大家的興奮之情達到最高點。各式媒體大幅報導了這個近幾年來最重要、也最貴（LHC 加速器與 ATLAS、CMS 兩個偵測器的建造共花費近百億美金）的科學發現，讓一般民眾多少也知曉這是難得一見的歷史事件。

去年 CERN 在宣布這個發現時，還很謹慎地說他們尚不能肯定這個新粒子就是希格斯粒子，所以只稱呼這個粒子是「類希格斯粒子」。粒子理論學家早從量子場論架構推論出希格斯教授與其他人於一九六四年提出的「希格斯機制」必須存在，否則無從解釋弱交互作用理論的某些特性（如低階計算的合理性，即可重整化性）。粒子物理中的「標準模型」即是實現希格斯機制的最簡單理論，這個理論只包含單一個希格斯粒子（我這裡稱之「標準希格斯粒子」）；物理學家也可以建構更複雜的理論來體現希格斯機制，在這種狀況下希格斯粒子可能就不只一個，其性質會和標準希格斯粒子有些微差異。所以「類希格斯粒子」的出現固然符合物理學家期待，因為這表示希格斯機制是對的，但是大家又希望這個粒子最好不要是「標準希格斯粒

子」，因為如此一來我們才能抓到標準模型的缺失，粒子物理才有繼續前進發展的依據。

所以，自 CERN 去年的宣布至今，大家關注的問題即是「類希格斯粒子」到底是不是「標準希格斯粒子」。在去年七月之後，實驗團隊已累積了更多的數據，分析的結論是「類希格斯粒子」的確愈來愈像是「標準希格斯粒子」，這是讓人既意外又有些失望的結果。在去年的數據中，「類希格斯粒子」衰變成兩個光子的機率超過標準模型的預測，讓不少人相當興奮，但是最新的數據卻顯示實驗與理論的差距縮小了；如果將 ATLAS 與 CMS 的結果平均起來，實驗與理論在誤差範圍內，大致相符。

在標準模型出現之初，物理學家使用希格斯機制的主要動機在於賦予傳遞弱交互作用的 W 粒子與 Z 粒子質量，（當初希格斯以及其他人士提出希格斯機制的靈感就來自於前人對於超導體中「麥斯納效應」的研究，而麥斯納效應指的正是光子在超導體內部帶有質量的狀況），這種機制讓理論具有上面提到的可重整化優點；後來物理學家又將它推廣至賦予夸克、緲子、電子等基本費米子（即不包括質子、中子等組合費米子）質量；就基本費米子的質量來源而論，這種做法固然有某些優點，卻沒有邏輯的迫切性。但是既然「標準希格斯粒子」的證據愈來愈多，我們便確知基本費米子的質量也與希格斯機制密切相關，這是 ATLAS 與 CMS 實驗最重要的成果。

我們已經從 LHC 這個巨大加速器學到很多東西，但是遊戲還沒結束——現在 LHC 正停機檢修，兩年後再次啟動時，能量將提高 1.5 倍以上。誰能肯定地說目前的結論未來不會再受到修正呢？屆時我們就更清楚「標準希格斯粒子」到底有多標準，以及它是否還有其他更重的兄弟姐妹。

希格斯粒子的故事是粒子物理最奇特、精彩的故事，涉及人物之多前所未見，其中之曲折與緊張不亞於偵探小說。本書完整地說明了這個粒子至今約五十年的一生，可以滿足想更深入了解希格斯故事的讀者。

高涌泉 台灣大學理論物理學教授

獻給安格

好評推薦	5
深入導讀：希格斯粒子奇異之旅 高涌泉	7
序	15
前言 溫伯格	19
序 幕 組成與物質	25
第一部 發明	39
第一章 如詩般的邏輯概念	40
第二章 不是個好理由	55
第三章 無法理解這理論的價值所在	67
第四章 對的想法，卻應用錯了問題	82
第五章 我辦得到	101
第二部 發現	117
第六章 捉摸不定的中性流	118
第七章 非 W 粒子莫屬	132
第八章 放手一搏	148
第九章 美妙時刻	160
第十章 莎士比亞的問題	179
尾 聲 質量從何而來	205
尾注	209
詞彙表	219
中英對照表	240

序

二〇一二年七月四日，位於日內瓦的歐洲核子研究組織（CERN）宣布他們發現了希格斯粒子的候選者，消息有如高傳染性的電腦病毒瞬間傳遍全球。頭條新聞呼喊著高能物理學的最新勝利。這個發現登上報紙頭版，晚間新聞也做出重點報導，數十億觀眾都接收到了消息。這個早在一九六四年就有人假設（或說是「發明」）的粒子，在投入數十億美元、歷經四十八年後，終於被找到了與其相符合的訊號。

那麼，這到底有什麼好大驚小怪的？希格斯粒子究竟是什麼東西，又為什麼如此重要？如果這個新發現的粒子真是希格斯粒子，它又能告訴我們什麼關於物質世界和早期宇宙演化的新知？耗費那麼多心力來尋找它，真的值得嗎？

這些問題的答案，可以在粒子物理學所謂「標準模型」的故事裡找到。一如這個術語所暗示，「標準模型」是個理論框架，物理學家用它來解釋一切物質及作用力的基本組成（有些作用力能將物質束縛在一起，也有些作用力能拆散物質）。歷經許多人數十年來的不懈努力，才建構起標準模型，它代表了物理學家對於闡釋我們周遭的物理世界所盡的最大努力。

標準模型還不能稱得上是「萬有理論」，因為它並沒有涵括重力。在最近這幾年，你或許已經讀過幾個在標準模型範疇之外，但試圖統一所有基本作用力（包括重力）的新理論，像是超對稱或超弦。儘管有數百位理論學家投身研究，但這些理論仍然只是純理論，少有