

教師指南

Collider

世紀實驗：STEP INSIDE THE WORLD'S GREATEST EXPERIMENT

探索神秘的粒子世界

18.3 – 25.5.2016

聯合主辦
Jointly presented by



康樂及文化事務署
Leisure and Cultural
Services Department

蔡冠深基金會
Jonathan KS Choi Foundation

聯合籌劃
Jointly organised by



香港科學館
HONG KONG
SCIENCE MUSEUM

CASS
香港中華科學
與社會協進會

贊助
Sponsored by

新華基金會
SUNWAH
FOUNDATION

國際巡迴展覽贊助
International Tour Sponsor



支持機構
Supporting Organisations



中國科學院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences



The Academy of Sciences
of Hong Kong 港科院



香港中文大學物理系
Department of Physics
The Chinese University of Hong Kong

展覽提供
An exhibition by



簡介

科技發展日新月異，科技的應用持續改善人類的生活，例如互聯網的應用拉近了人與人之間的距離；磁力共振成像的發明革新了醫療的診斷和治療；電腦的強大運算功能大大提高各行各業處理大量數據的效率。大家有沒有想過研發這些技術的背後，是研究粒子物理學所帶來的貢獻？

浩瀚的宇宙有很多未解的謎團。多年來，科學家努力不懈地進行了很多粒子物理學的研究，希望能尋找宇宙的起源和了解組成萬物的最基本物質。歐洲核子研究組織（CERN）是一個跨國機構，由二十一個成員國共同運作，匯聚全球數以千計的頂尖科學家及工程師，於瑞士和法國邊境接壤的地底設計及建造了大型強子對撞機（LHC）。這設施是世界上最大型及功率最強大的粒子加速器，當中有一條長達 27 公里、由超導磁鐵組成的環形管道。在這對撞機裏，科學家嘗試讓兩束高能量粒子，以接近光的速度在此管道內碰撞。從實驗所得出的數據經過分析後，科學家們可得知粒子如何互相影響，從而探索宇宙的奧秘。

這展覽會布置成為科學家在 CERN 的工作環境，讓觀眾仿如置身在大型實驗設施內，認識這尖端科研項目、見證上帝粒子（希格斯粒子）的發現，與及了解粒子物理學的基本理論。精彩展品包括多媒體節目、在 CERN 曾使用的真實實驗部件，包括重達兩公噸的巨型超導磁鐵組件，以及多件倫敦科學博物館珍藏的科學實驗儀器等。另外，展覽亦會介紹香港科研團隊參與這項世紀實驗的研究成果和分享他們在科研路上面對的挑戰。

康樂及文化事務署及蔡冠深基金會聯合主辦

香港科學館及香港中華科學與社會協進會聯合籌劃

贊助：新華基金會

國際巡迴展覽贊助：元盛資產管理有限公司

支持機構：中國科學院高能物理研究所、港科院及香港中文大學物理系

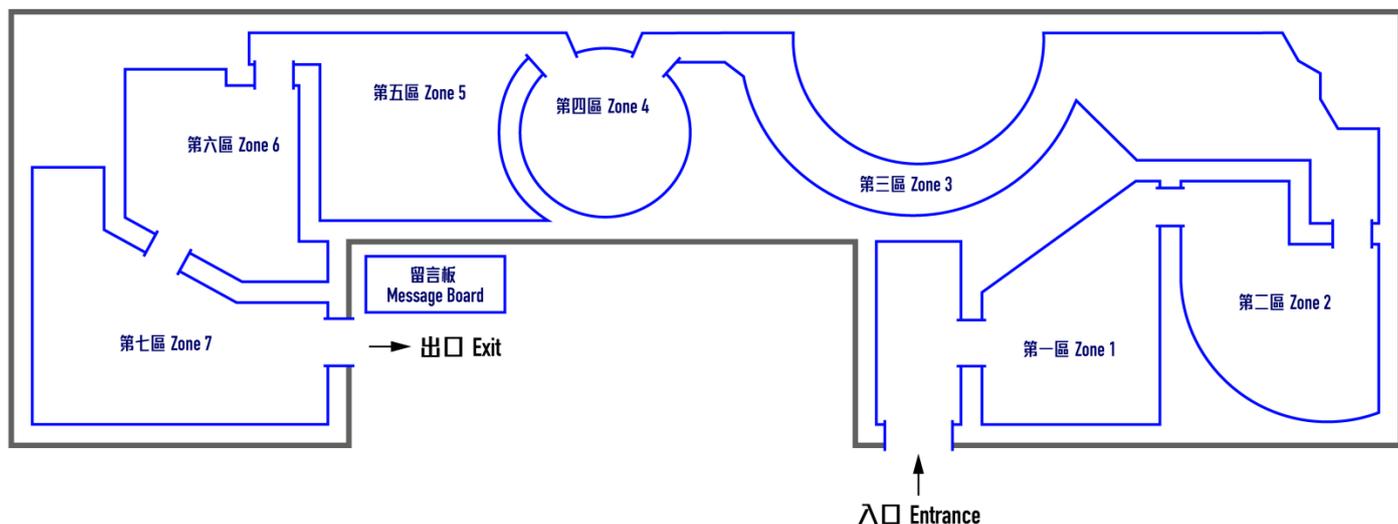
展覽由倫敦科學博物館提供

參觀資料

展期：2016 年 3 月 18 日至 5 月 25 日

地點：香港科學館特備展覽廳

展廳平面圖



第一區：過去和現在

這區簡介粒子物理學的發展和歷史。在這裏我們可以看到粒子物理學家如何發現不同種類的粒子，以及多種實驗儀器。

第二區：歐洲核子研究組織劇場

與科學家會面，分享他們發現希格斯玻色子的喜悅。

第三區：大型強子對撞機

在這裏你可看到深入地底的大型強子對撞機，並認識大型強子對撞機的運作原理，甚至可以與科學家和工程師會面。

第四區：碰撞

雖然我們不能親眼見證粒子碰撞，但可以想像一下碰撞時的壯麗畫面。

第五區：探測器

大型強子對撞機設有四座巨型探測器：LHCb、ALICE、CMS 及 ATLAS。它們的部件雖然很複雜，但有些卻可用魚絲及玻璃等常見的材料製成。

第六區：發現和將來

踏足歐洲核子研究組織的辦公室，看看科學家工作的情況，以及見證發現希格斯玻色子的一刻。希格斯玻色子並非旅程的終點，未來仍有許多驚喜等待着我們。

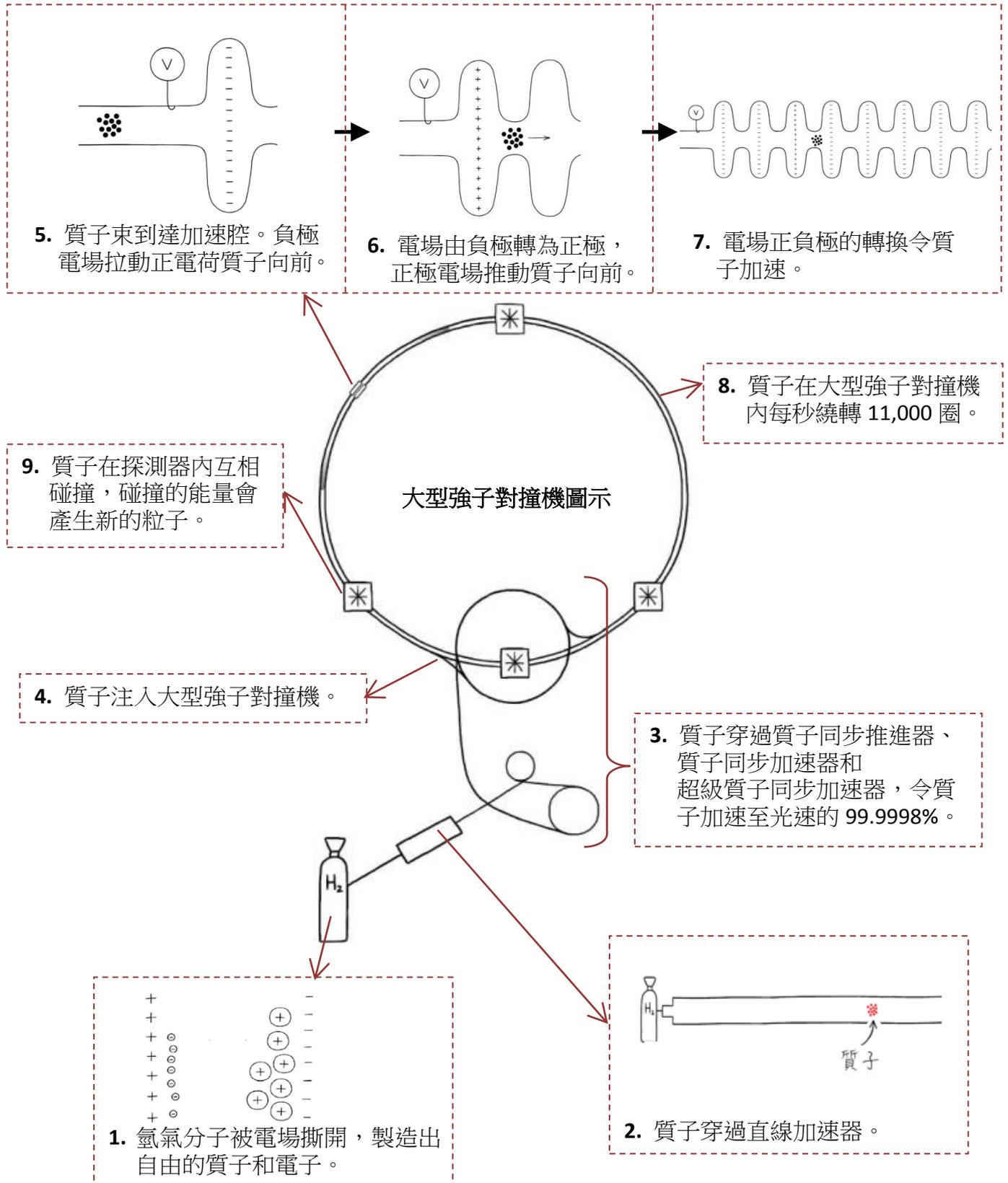
第七區：淺談粒子物理學

香港的科研團隊也有參與大型強子對撞機項目，進行各種研究及實驗。就讓我們看看他們的科研成果和在 CERN 的生活點滴，以及認識粒子物理的基本概念。

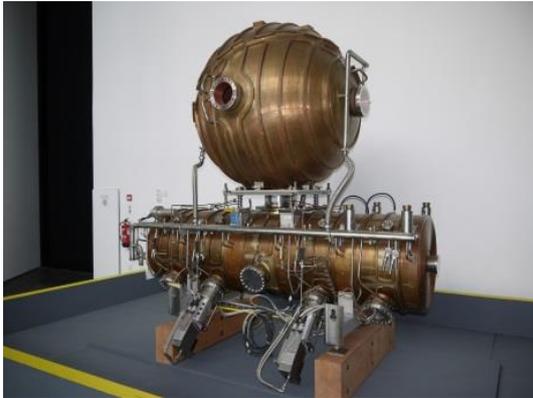
大型強子對撞機的運作原理

展覽透過各種多媒體節目、模擬實驗室場景和在 CERN 曾使用的真實實驗部件等，讓大家深入了解大型強子對撞機的運作原理。

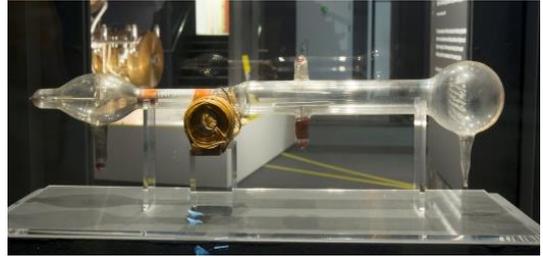
以下圖示簡單介紹對撞機產生粒子束，並將質子加速及互相碰撞的過程：



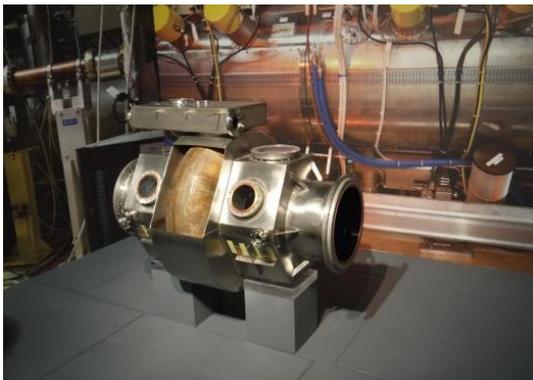
展品精華介紹



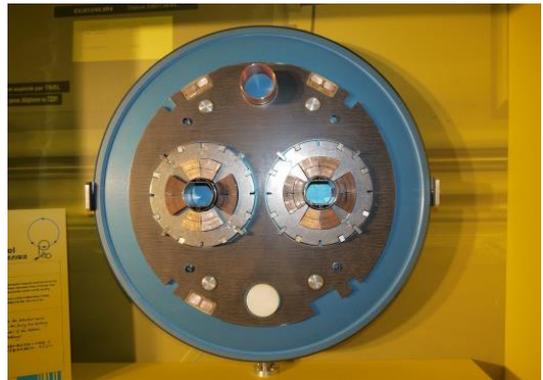
大型正負電子（LEP）對撞機加速腔
科學家在使用大型強子對撞機之前，
便利用這儀器在 CERN 進行
粒子物理學實驗。



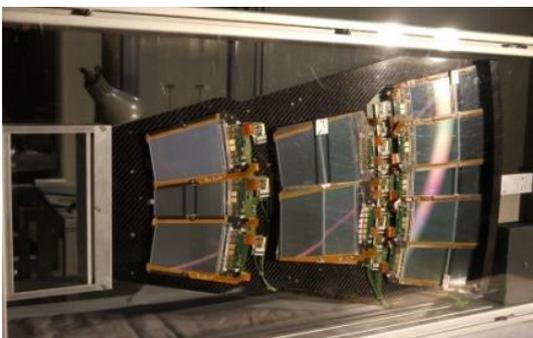
陰極射線管
這是約瑟夫·湯姆森於 1897 年發現
電子時所使用的儀器。



大型強子對撞機加速腔
它能產生高達二百萬伏特的電場，
從而提高質子的能量。



聚焦磁鐵
這是用來擠壓粒子束的四極磁鐵，
能使粒子束變得更窄、更集中，
增加粒子碰撞的機會。



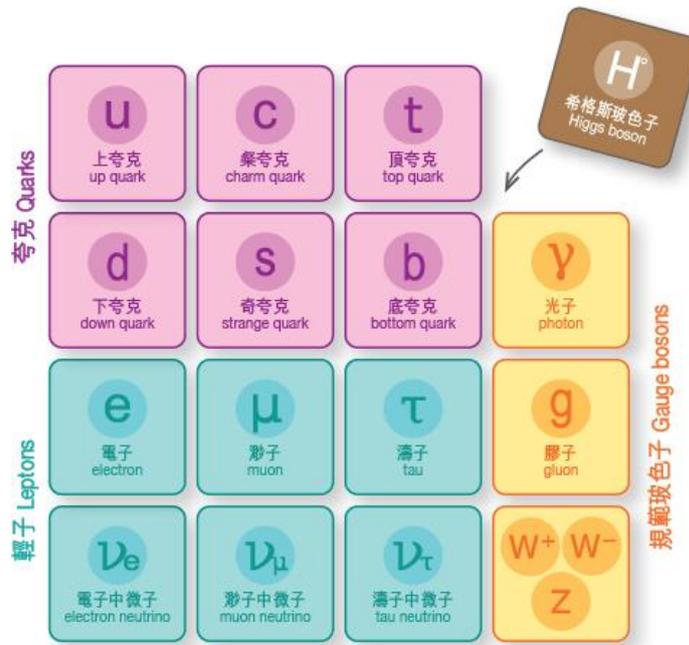
矽追蹤器瓣
這個組件能承受對撞機內強烈的
粒子撞擊，並追蹤粒子運行的軌跡。



頂點定位器（VELO）組件
別小看這個細小的探測器組件，進行
碰撞時，它距離碰撞點僅有七毫米！

粒子物理標準模型

宇宙中的所有物質都是由被稱為基本粒子的基礎要素所構成，由四個基本作用力所支配。據現時我們對粒子物理學的認識，標準模型可以解釋基本粒子（質子、中子和電子）和其中三個基本作用力（電磁力、強作用力和弱作用力）之間的關係。2012年7月，CERN的物理學家透過大型強子對撞機成功發現標準模型的最後一塊拼圖—希格斯玻色子。



夸克

標準模型中共有六種夸克，而強作用力只能影響夸克。任何由夸克組成的粒子都稱為強子，由三粒夸克組成的強子稱為重子，例如我們所熟悉的質子和中子；而由兩粒夸克組成的強子稱為介子，例如 π 介子。

輕子

標準模型中共有六種輕子，它們不受強作用力影響。當中最著名的成員便是電子，亦即大家熟悉的電流載體。在希臘語言中，輕子 (lepton) 是質量輕的意思，但其實有些輕子的質量不輕。

基本作用力和規範玻色子

在宇宙裏有四種基本作用力，主宰萬事萬物，它們是引力、電磁力、強作用力和弱作用力。作用力的傳播須要靠規範玻色子作為傳遞的工具，輕子與夸克透過交換規範玻色子發生相互作用，形成所有已知的亞原子粒子，它們就是物質的基本成分。

規範玻色子決定基本作用力的特性：光子與電磁力有關，並與帶電荷粒子產生作用；膠子與強作用力有關，與夸克和強子產生作用，使質子和中子可以維繫在原子核中；W 和 Z 玻色子與弱作用力有關，作用於所有夸克和輕子。可是到目前為止，物理學家無法以描述以上三種力的方法描述第四種基本力—引力。

希格斯玻色子

有質量的粒子以低於光速運動，沒有質量的粒子則以光速運動。在標準模型中的基本粒子有不同的質量，而光子和膠子沒有質量。在 1964 年，科學家提出的希格斯機制，就是用來解釋質量的來源。這理論假設有一個充斥着真空的場—希格斯場。原本沒有質量的基本粒子在真空中前進時會被希格斯場牽扯，並因此放緩速度，就如同擁有巨大慣性的大質量粒子。

希格斯場與所有輕子、夸克以及 **W** 和 **Z** 規範玻色子發生相互作用。光子和膠子不會與希格斯場發生相互作用，因此沒有質量，而頂夸克、**W** 和 **Z** 玻色子等粒子與希格斯場有更強相互作用，因此獲得較大質量。這理論預測了希格斯玻色子的存在，而希格斯玻色子為希格斯場的一種激發狀態，就像向平靜的水面投入石塊時激起的漣漪。

暗物質

宇宙間的物質分佈並不平均，可分為三個層次：恆星受萬有引力牽引形成星系，而多個星系則形成星系團。星系環繞星系團的質心旋轉，而其旋轉速度與星系團內物質的分佈情況相關。根據觀測，有些星系的轉速太高，如果單單只受可見物質所產生的引力牽引，許多星系理論上已逃離本身的星系團。因此必須要有一些不可見的物質加上額外的引力，才能使星系不致離開。1933 年，弗里茨·茲威基將這些不可見物質命名為「暗物質」。

於六十年代，天文學家薇拉·魯賓量度星系的旋轉速度，她發現由可見物質所產生的引力，遠遠不足以牽引星系外圍的恆星和氣體，再一次喚起暗物質理論的討論。現在，我們知道宇宙中有大約 85% 的物質是暗物質，它們不會和光產生作用，因此它們是透明而不可見的，但它們具有引力。沒有暗物質，宇宙就不會形成現在的多層次格局。最熱門的暗物質候選者包括超對稱理論和額外維度模型中預測的粒子，其中一些粒子有機會由大型強子對撞機實驗產生。

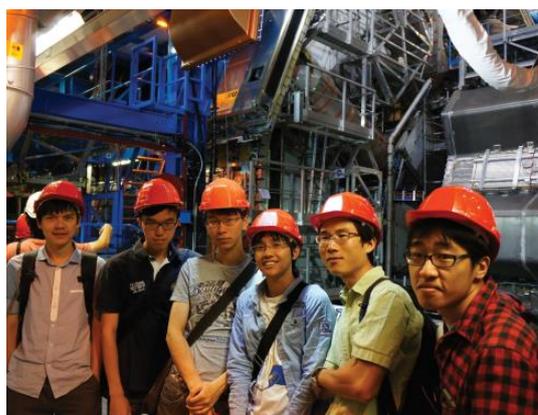
暗能量

根據星系的光的紅移推測，許多星系看起來都在遠離我們，在任何其他星系的任何觀察者均會看到相同的現象，這就是宇宙膨脹。因為萬有引力為吸力，宇宙膨脹的速度理應因星系之間的萬有引力而逐漸減慢。然而科學家驚訝地發現，宇宙的膨脹速度實際上正在加速，這表明有未知的斥力存在，而這斥力可能來自真空本身。宇宙中的這種神秘組成部分被稱為暗能量。許多模型試圖使用新的場和粒子解釋這種現象，這其中一些可能可以由大型強子對撞機產生。

研究粒子物理學的重要性

粒子物理學與我們的日常生活息息相關。人類在好奇心的驅使下，致力解開自然界未解的謎團，例如宇宙的起源、結構和我們為甚麼存在。作為最基礎的科學，粒子物理學是人類文明中不可或缺的部分。其次，粒子物理學研究刺激不同科技領域的發展。當今許多於社會廣泛使用的技術，都是在粒子物理學的開創性研究中衍生出來。在未來，粒子物理學的研究將帶動更多不同科技領域的發展。

香港 ATLAS 小組



香港中文大學、香港科技大學和香港大學於 2013 年創立了香港 ATLAS 小組，並於 2014 年 6 月成為 ATLAS 的正式成員。小組至今已有 20 多人，其中包括學院教學職員、博士後研究員、研究助理、博士和碩士生。另外，本科生也會到 CERN 進行暑期和畢業專題研究。

香港小組肩負不少工作並貢獻良多，包括測試 ATLAS 探測器的電子零件、重組碰撞的頂點和渺子的軌跡，及分析數據以找出希格斯玻色子的特性，他們並會協助尋找物理學上的新發現，包括量子黑洞，新的重玻色子和與超對稱理論有關的物理現象。此外，香港亦正在籌建一個 ATLAS 的計算中心。

參觀前準備

1. 老師可簡單介紹大型強子對撞機的運作原理及與其相關的科學研究，以幫助學生深入了解展覽內容。
2. 鼓勵學生搜集有關粒子物理學的資訊，例如「標準模型」、「能量與質量的關係」、「粒子是如何獲得質量」等。
3. 引導學生討論宇宙的起源。

參觀後的延伸活動

1. 引領學生分享從展覽中學到的知識，並討論粒子物理學的重要性和未來發展。
2. 老師可着學生就有關大型強子對撞機的題目進行資料搜集，並製作報告及匯報。資料及數據可從展覽、書本及網上資源取得，題目可為「希格斯玻色子」、「暗物質」、「反物質」、「宇宙的起源」等。

網上資源

1. <http://scitech.people.com.cn/BIG5/25509/55359/185981/>
2. <http://case.ntu.edu.tw/blog/?p=12555>
3. <http://home.cern/topics/large-hadron-collider>
4. <http://www.stfc.ac.uk/research/particle-physics-and-particle-astrophysics/large-hadron-collider/lhc-large-hadron-collider-resource-portal/>