



諾貝爾獎 物理學獎

建南極「冰立方」探索粒子奧秘 發現高能中微子開闢新天文學

捕捉「幽靈粒子」揭宇宙面紗

比利時裔物理學家摘諾獎

哈爾岑 (Francis Halzen)

年齡：82歲
國籍：在比利時出生，擁美國和比利時雙重國籍
學歷：比利時魯汶大學物理學博士
職位：美國威斯康星大學麥迪遜分校物理學教授、基本粒子物理研究所所長、阿蒙森—斯科特南極科考站冰立方中微子天文台首席研究員

冰中的天文台

冰立方 (IceCube) 是一塊1立方公里的冰塊，內部掛着多條纜線，纜線上裝有光感測器，地面則設有收集信號的實驗室。數據會經由衛星傳送進行分析。

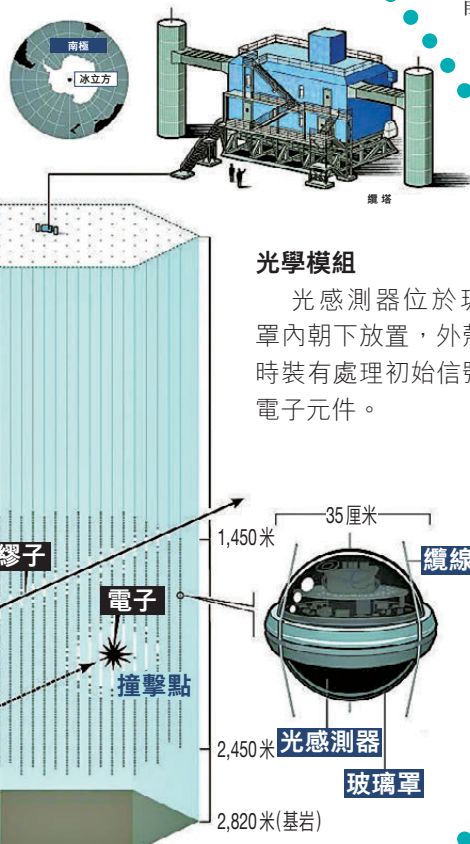
粒子與光

大部分到達冰立方的中微子都會直接穿透，不留任何痕跡。只有極少數中微子會撞擊原子核，產生能被捕捉的光線。

中微子共有三種類型，它們會在冰立方中留下不同痕跡：

當電子中微子或 τ 中微子撞擊原子核時，會引發粒子級聯，照亮撞擊點周圍區域。

當繆子中微子發生撞擊時，除引發粒子級聯外，還會生成一個繆子(muon)，在冰層中留下一條長光痕。



光學模組

光感測器位於玻璃罩內朝下放置，外殼同時裝有處理初始信號的電子元件。

光感測器位於玻璃罩內朝下放置，外殼同時裝有處理初始信號的電子元件。

光感測器位於玻璃罩內朝下放置，外殼同時裝有處理初始信號的電子元件。

光感測器位於玻璃罩內朝下放置，外殼同時裝有處理初始信號的電子元件。

光感測器位於玻璃罩內朝下放置，外殼同時裝有處理初始信號的電子元件。

來自太空的信使

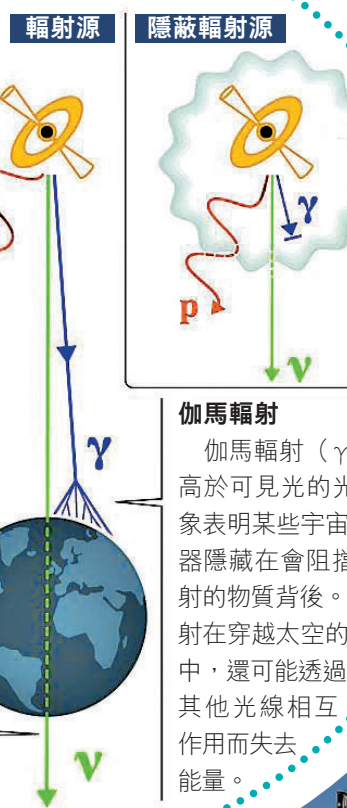
太空有很多會釋放巨大能量的天體，部分會令粒子加速，有時賦予粒子的能量更可達到實驗室級別的百萬倍以上。部分過程會產生不同類型輻射，作為帶着相關來源資訊的「信使」來到我們身邊。中微子的特質是它能揭示其他輻射無法提供、有關宇宙粒子加速器的資訊。

宇宙射線

宇宙射線是從太空抵達地球的原子核，最常見的是氫原子核，由一個質子(p)組成。由於它們帶電，其運動路徑會受太空磁場影響，因此我們無法直接看出它們來自何方。

中微子

賦予質子高能量的過程，同時也會產生富高能中微子(ν)，同一過程還會產生伽馬輻射。中微子不受磁場影響，因此其傳播方向可追溯到源頭。它們也不會被宇宙塵埃或輻射阻擋。



伽馬輻射

伽馬輻射(γ)是能量遠高於可見光的光線，有跡象表明某些宇宙粒子加速器隱藏在會阻擋伽馬輻射的物質背後。伽馬輻射在穿越太空的旅程中，還可能透過與其他光線相互作用而失去能量。

用來與外星人溝通？ 哈爾岑：確實有人如此想

香港文匯報訊 諾貝爾物理學獎公布後不久，哈爾岑透過電話向記者表示：「這是很大的驚喜，我顯然沒有預料到，但得知獲得這項殊榮，感到非常開心。」

哈爾岑指出：「對我來說，除了獲得諾貝爾獎，最大的喜悅莫過於我希望這項殊榮，也能表彰在這項計劃之初勇敢加入的那些人。」被問及中微子是否可能包含遙遠文明傳來的信息時，他承認：「有人推測這會是與外星人溝通的理想方式。但我不會往这方面深思，我們目前已有許多實際問題需處理。」

克服極地嚴寒「冰立方」誕生歷挑戰

香港文匯報訊 「冰立方」中微子天文台的誕生與發展經歷重重考驗。數十年來，愈來愈多來自不同領域的研究人員，聚集在提出該構想的哈爾岑周圍，將他靈光乍現的構想，一步步變為現實。

南極的冰川作為捕獲中微子的介質擁有諸多優點，深埋的冰層始終黑暗，最大限度減少干擾。南極點已有建設完善的阿蒙森—斯科特科考站，穩定的冰層還能為設施員工提供堅實的工作場所。不過受限於嚴寒，一年中大多數時候人們都無法往返南極點，冰立方的所有現場工作都必須在短暫的南極夏季，即每年11月至翌年2月之間完成。

科學家們最初的挑戰，是如何將探測儀器安置在冰層深處。在冰川學家幫助下，研究團隊使用一種類似精密淋浴噴頭的裝置，用熱水融化冰層，鑽出深約1,000米的孔洞。隨後將懸掛成串光感測器的長纜線，下放到充滿水的孔洞中。這些光感測器可捕獲中微子撞擊原子產生的光，再將其轉為電信號。

冰中設近5200個光感測器

1993年，冰立方的前身AMANDA開啟首次實驗。最初的嘗試並不理想，冰層上部充滿氣泡，將光散射到不同方向，粒子運動的信息變得模糊。科學家們反覆試錯，深入了解不同深度冰層的性質。為探測來自宇宙粒子

加速器的高能中微子，冰立方於2011年達到完整規模：足足一立方公里的堅冰中設有多達5,160個光感測器，分布在86條纜線上，深埋冰面下1,450米至2,450米深處。

冰立方每天可記錄逾一億個來自南極洲上空大氣層的宇宙粒子，想要找到高能中微子，研究人員要在海量數據中，篩選它們在冰中發生相互作用的特定事件。即使無法確定某個中微子是否來自地球以外，科研團隊仍集中分析所有可能事件，判斷它們的整體特徵是否符合對高能中微子的預期，傳感器捕捉到的中微子愈多，科學家就愈可能尋獲其來源。冰立方擴建項目已開始規劃，「二代冰立方」將覆蓋驚人的8立方公里冰體。



● IceCube科研團隊合力將懸掛光感測器的長纜線拉過冰面。網上圖片



● 冰立方中微子天文台。網上圖片

中國科學家致賀： 為破解科學難題提供觀測手段

香港文匯報訊 多名關注中微子領域的中國科學家，均對哈爾岑獲頒諾貝爾物理學獎表示祝賀。他們指出，高能中微子的發現為破解眾多科學難題，提供了獨特的觀測手段，中國的研究團隊近年也在中微子和高能宇宙射線領域取得標誌性突破。

中國科學院國家天文台研究員陳學雷稱：「今年的諾貝爾物理學獎授予領導冰立方 (IceCube) 中微子天文台的哈爾岑，稍稍出人意料，因中微子天文已拿過獎且目前並非最熱門，但確實也是出色的工作。」

清華大學物理系教授樓宇慶表示，他正帶領學生研究高能中微子的天體物理起源，包括IceCube和地中海KM3Net，「就在數天前，我還與同事探討過此

事。KM3Net探測到的中微子最高能量，比IceCube的要高。」

「打開全新宇宙信使觀測窗口」

中國科學技術大學教授蔡一夫說：「IceCube天文台實現高能天體物理的高能中微子的探測發現，打開了全新的宇宙信使觀測窗口，為破解高能宇宙線起源、極端天體活動等重大科學難題提供獨一無二的觀測手段。中國在反應堆中微子和高能宇宙射線領域都取得標誌性突破，大亞灣、江門、拉索等實驗實現高精度測量，夯實了粒子物理層面的中微子研究基礎，與冰立方側重高能天體中微子探測形成良好互補。」