

1916-2016
1922-2022 ?

破解世紀謎團

專研天文物理和宇宙學的香港中文大學

物理系教授朱明中，一直致力探尋人類在百年前察覺的世紀謎題

—暗物質（Dark matter）。隨着科學不斷進步，近年包括中微子以至新出現的重力波信

號等，都一一化為他的工具，哪怕是遠在銀河系外發生的超新星爆炸，都有機會發出重力波信號並傳至地球，其中更可望蘊含關鍵信息，助力人類破解這種主導並牽引着宇宙萬物，卻始終未能一窺其真貌的神秘物質的謎團。

◆香港文匯報記者 姜嘉軒



◆朱明中一直致力於探尋人類在百年前察覺的暗物質世紀謎題。
香港文匯報記者北山彥 攝



◆螺旋星雲，中心為白矮星。恆星死亡時把星殼外層推出太空形成星雲，星核則成為一顆約有太陽質量，但只有地球大小的白矮星。
照片由鍾哲賢在香港中大拍攝

鑽研重力波 助解暗物質

與中微子相輔相成 以超新星爆炸為研究目標

摸不着看不見 暗物質真的存在?

科學家提出宇宙中存在摸不着也看不到的暗物質已有百年。朱明中說，科學家當初透過觀察星系團的轉動及計算其質量，推斷當中存在「看不見的物质」，及後再經一代代人的研究，才讓暗物質從昔日備受懷疑，逐漸變成科學界的共識。惟他亦直言，雖然現今已發展出包括直接探測、粒子對撞實驗等方法來研究暗物質，但近年進展甚微，因此他期望可透過光度變化、重力波、中微子等不同觀察工具，「即使這些都是較間接的方法，但越多工具證明我們的模型和假設的話，信心自然會大得多。」

1922年，荷蘭天文學家Jacobus Kapteyn首次從星系速度的角度提出當中存在不可見的物质。至今剛好一個世紀。朱明中說，至上世紀三十年代的天文學家Fritz Zwicky就星系團運動作出更具體演繹，「星系團有質量，質量就有萬有引力，能「抓」着星系轉動；他藉觀察星系團的速度，推測到一個星系團應該有多少質量。」當時他量度了兩個星系團，均發現它們的總質量遠遠大於實際觀察得到的物質質量，並提出「暗物質」一詞來解釋觀察不到的部分。然而，有關學說一直未受重視，直至上世紀六十年代另一知名天文學家Vera Rubin的出現，他花費多年持續觀測大量星系，「結論都是一樣，全部都需要有大量暗物質才能作合理解釋」，朱明中說。

「上天入地」追尋暗物質

其後，暗物質更成為一個熱門研究課題，為此世界各地科學家近年「上天入地」以不同方式嘗試追尋暗物質，例如我國便發射了暗物質粒子探測衛星「悟空」號，並在四川錦屏山設立了全球岩石覆蓋最深、垂直厚度達2,400米的錦屏山地下實驗室，借岩石阻擋輻射和宇宙射線干擾，提升探測暗物質的準確性。

另外，人類亦透過對撞機實驗嘗試產生暗物質粒子，「例如香港團隊亦有參加的CERN（歐洲核子研究組織）大型強子對撞機實驗，質子撞質子，撞完後應該有極大能量、極高溫度釋放，就有機會「製造」出暗物質。」不過朱明中直言，至今各種方法始終沒有任何發現暗物質的證據，「而這也是為何我們要嘗試多用不同工具，包括重力波、中微子，越多工具幫忙，我們才越有機會加深對它的認識。」

後記 科研路承先啟後 願港青繼往開來

科學精神在於求知求真，今次系列報道的科學家，面對歷經百年懸而未解的謎題依然能突破，叫人鼓舞之餘，亦盡顯人類的堅強解難意志和奧妙智慧。記者藉採訪置身其中，見證到香港科研對科學世界的重要貢獻，更有跨越歷史、步進科學殿堂之感，亦深深體會到科普傳播工作的重要性——當更多讀者，特別是年輕一代亦能分享這份破解世紀科學謎題的感動，香港科研未來必然有更燦爛的前景。

當年LIGO重力波的發現，亦有香港學者參與其中，今次系列以藉重力波探索暗物質作結，除了展示此兩個「百年謎題」的神奇聯繫，更希望帶出科研工作承先啟後的面貌。但願這些科學家的身影，能啟發香港下一代的科研願景。

科學令人沉醉的其中一點，在於當下發現的成果並不代表終點，而是啟發我們探索更多未知領域、引領人類不斷向前的關鍵鑰匙。2016年2月，科學界宣布成功探測到兩個黑洞合併所產生的重力波（Gravitational wave，又作引力波），證實一個世紀前愛因斯坦廣義相對論的重要預言；數年過去，如今重力波信號更成為科學家發掘宇宙未知真相的全新利器。

「科學界基本上都幾肯定，宇宙中暗物質遠多於我們已知的普通物質，但我們仍然未知它到底是什麼，它不發光，似乎就只會產生萬有引力，或少少弱作用力。」暗物質可算是當代宇宙學最大謎題之一，朱明中近日接受香港文匯報專訪時指，人類約在百年前開始察覺其存在，然而一直沒有任何直接觀測證據，只能以間接方式推斷其存在。

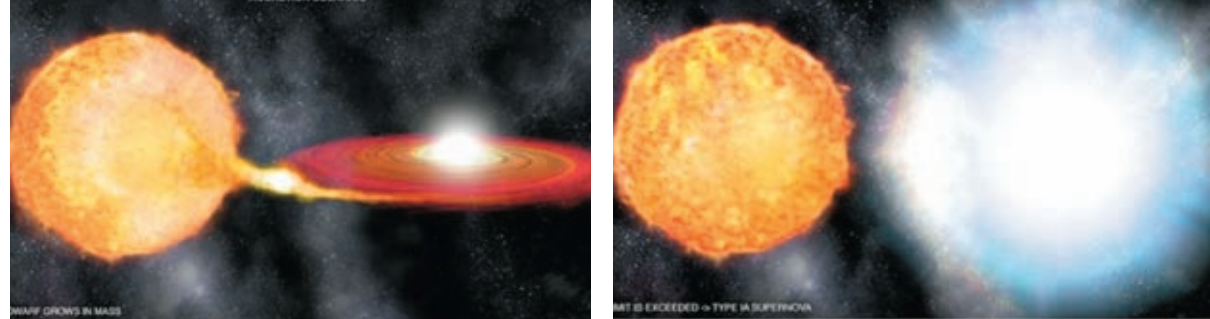
暗物質混入星體使光度減弱

朱明中約在10年前開始鑽研暗物質，他透過觀測超新星爆炸，從而了解當中有否暗物質「混入」星體之中，「過往一直去量度超新星，都是量度其光度變化圖……我們發現如果（星體）多了暗物質，會令其光度減弱，而且光度變化的闊度亦會不同。」

不過，利用可見光研究超新星存在一些問題，「根據傳統天文學上的估計，每個星系大概三四十年就有一次超新星爆炸……不過銀河系上一次發生我們肉眼可見的超新星，已經是400年前。」朱明中解釋，其中一個可能是這段期間的確沒有超新星爆炸，但另一個更大的可能性，就是爆炸的超新星跟地球間，存在氣體、塵埃、星星等因素阻擋，「光線根本傳不過來，就算它爆發，我們也看不到。」

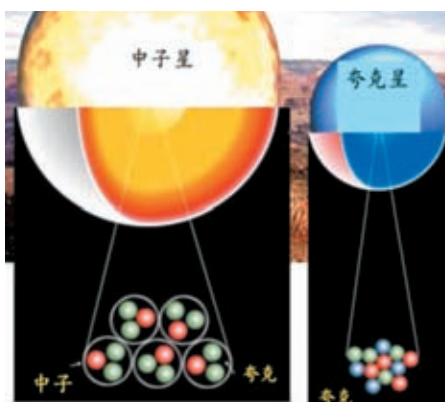
正因如此，朱明中近年積極利用重力波信號作為暗物質的觀測工具，並鎖定在可見光波段較暗，但可發出較強重力波和中微子信號的AIC類超新星作為研究目標。「假如超新星爆炸之前，有很多暗物質混在裏面的話，會令其爆炸減弱，而且星體爆炸時是轉動的話，就會衍生好多重力波信號，這些重力波亦會受到星體原本的暗物質影響。」

團隊的工作就是要預先模擬不同情況計算，「在沒有暗物質情況下，星體原本轉動有多快，爆炸時產生的重力波會是如



◆白矮星（左圖右方光點）從伴星（左圖左方黃色星球）吸積物質，若白矮星質量增加至超越1.4倍太陽質量，會變得極不穩定，有不受控的核爆反應，成為IA類超新星（右圖）。
NASA圖片

重力波觀測用途廣 可探星核夸克轉化



◆夸克星是理論上可能存在的星體，它比相同質量的中子星更細小，由自由的夸克組成。

激干涉重力波天文台（LIGO）於2016年宣布首次偵測到重力波信號，朱明中指，這項發現不但證實愛因斯坦的百年預言，還開拓了更多樣的研究方法，他自己另一項關於夸克（quark）物質的研究，也是運用重力波作為觀測工具，有助了解星體的核心狀況。

「我的另一項研究，也是跟超新星和重力波有關，但今次不是研究暗物質，而是星體的核心會否在塌縮（collapse）到極高密度時，轉化為一種夸克物質」，朱明中分享這次研究的方法，與研究暗物質的類

似，「也是去計算爆炸產生的重力波，有相變跟無相變的話，那些重力波會有何分別，如果有相變的話，我們會收到兩次重力波信號：在一段短時間內，先有一下好強的重力波信號，然後再來一下更強的重力波信號。」

朱明中續說，若單靠量度爆炸產生的光度，其實較難知道其核心情況，「好像望着火球，只能看到表面放出來的光，而無法了解火球內發生什麼事。至於重力波和中微子信號，就是從星體核心發出的，因此有助我們知道星體內的情況。」

深挖暗物質之謎 譜寫宇宙演化史

科學家相信，暗物質質量是普通可見物質的四倍，主導了宇宙總質量八成。朱明中指，除此以外，宇宙130多億年的演化其實也與暗物質息息相關，若可掌握其特點，將有機會加深人類對宇宙的認知，甚至有機會應用到太空科技當中，推動人們不斷進步。

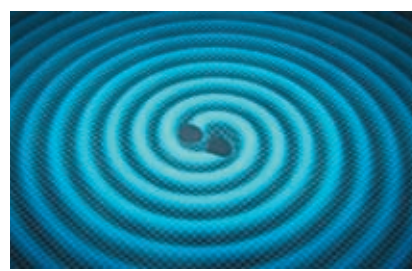
朱明中說，暗物質在宇宙早期應該很平均，後來因為引力影響，慢慢組成一堆堆，稱為暗物質團的分布，主宰着整個宇宙的演化，「這些一團團暗物質的龐大質量，再藉萬有引力牽引着普通物質，慢慢組成星系、恆星等，我們的銀河系、太陽及地球也是如此而來。」他表示，正因暗物質於宇宙學研究的主導角色，若科學界將來成功發展及量度到暗物質，進而了解其性質，便有機會將傳統天文學的星體演化重新改寫，甚至整個宇宙的演化，都要重新認知。

事實上，朱明中利用重力波和中微子探測工具的研究中，亦會設計不同模型，希望

從中了解暗物質的性質，「例如我們其中一個模擬，是假設暗物質粒子質量極大，而它們在星體之中，就會聚集於星體核心好細小的一個範圍」；相反，如暗物質質量並非想像般大，就未必聚到中心而是周圍分布，「這樣對那類超新星爆炸的形式，亦會帶來很大變化。」

朱明中補充，近年有人提出，暗物質與暗物質之間或存在相互作用，「假如它們彼此有很強的吸引力或排斥力，在星體中的分布又會不同」，於是團隊就要不斷計算模擬這些可能性，「希望有朝一日量度到超新星的重力波信號，從中不但能找到暗物質「存在」，更能了解它的性質。」

若然取得這些信息，科學界將可繼續邁進，朱明中與勁勁地向香港文匯報記者推薦，道出以嚴謹科學出發的科幻情節：「如果暗物質真的藏於星體核心，有機會在其爆發後，會是所有普通物質都彈走，只剩下



◆重力波成為香港科學家探索暗物質的新利器。
資料圖片
個暗物質核心，那便會產生一個完全由暗物質組成的星體」，由此可進一步預測，也許太空中已有很多暗物質星存在，「看不到也碰不到，只能感受到它的引力，或者也可以圍繞着它的軌道；也許想法很遙遠，但其實現在一些火箭都會利用引力作用幫助減省燃料，如果自然界的有暗物質星存在，原則上是有機會利用其引力，助力長程的太空征途。」