

科學家覓方法 量度神奇重力波

科學講堂

宇宙廣闊而遙不可及，需要不同的方法來觀測當中的不同事物。2015年初次測量到的重力波，正好就是一個可供科學家們善用的缺口。顧名思義，重力波源於物體的重力場，當物體在空間中移動，會改變附近的重力場。這些改變往往就會以波浪的形式向四方發散，形成重力波。

愛因斯坦的廣義相對論告訴我們，重力場會影響時間和空間，所以我們可以經由準確地量度時空去測量出重力波。近年亦有科學家開發量度重力波的不同方法，今次就和各位分享一下。

重力波從哪裏來？

重力對時空的影響極其微小，所以量度到的重力波，都與宇宙中的「龐然大物」有關：黑洞、中子星在靠近的時候，會因為重力吸引、互相盤旋而慢慢融合在一起；這整個過程就會發散出重力波。2015年發現的重力波，就來自兩個黑洞融合的過程。

現在我們是怎樣測量重力波的？現今位於美國的雷射干涉重力波天文台（LIGO）和位於意大利的室女座（Virgo）干涉儀都運用了激光，能夠準確地測量到空間的改變，所以可以偵測到重力波造成的空間改變。至今LIGO和Virgo干涉儀已記錄了超過100次重力波。

不過，LIGO跟Virgo干涉儀只可以量度頻率在100赫茲至1,000赫茲的重力波。黑洞、中子星在整個融合過程中會相互盤旋得愈來愈快，會發散出頻率愈來愈高的重力波，現今的LIGO與Virgo干涉儀，就只能夠測量到盤旋最後階段發出的重力波。如果可以量度到更多不同頻率的重力波，我們就能夠有更多的手段去探索宇宙的秘密。

較重的黑洞在融合尾段所發出的重力波頻率大約是1赫茲，是LIGO和Virgo干涉儀量度不到的範圍。原子干涉測量術（atom interferometry）也許就能處理這個問

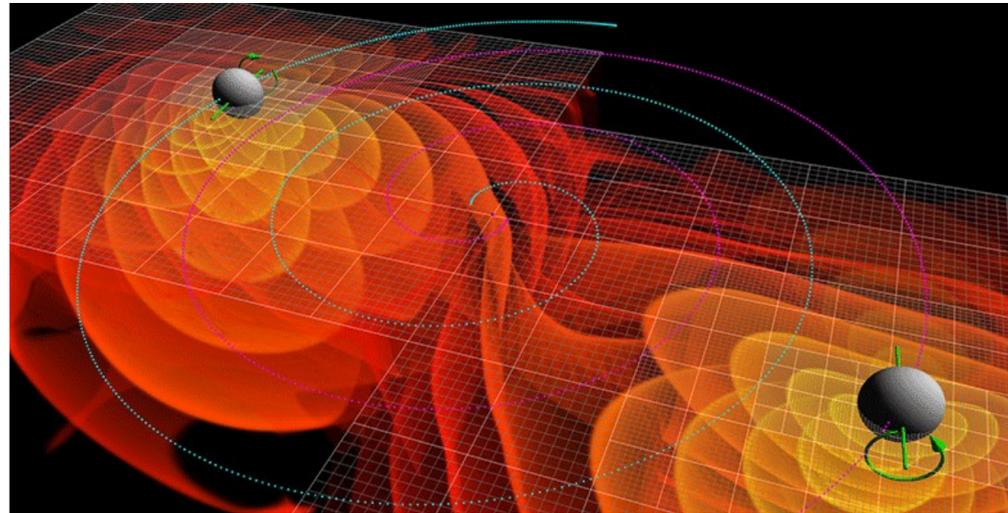
題，科學家們先準備一條垂直的真空管，再在真空管不同的高度放下原子，然後用激光測量它們在重力的影響下下跌的情況，假如正好有重力波經過影響了附近的重力場，就會量度出跟預期不同的下跌情形。

研究人員已試驗了10米長的初步模型，現正在建造100米長的模型做進一步測試。

近年，科學家們開發了另一個方法：利用脈衝星計時陣列（Pulsar Timing Array）去測量重力波。脈衝星是中子星的一種，它們極其穩定地高速旋轉，因此會向我們發出十分穩定的訊息。當重力波在它們附近經過，就會因時空的改變，使得向我們發出的訊息產生些微的偏差。

只監察一顆脈衝星或許不足以讓我們推斷出重力波的存在，因此科學家們就監察了銀河系中一系列的脈衝星，以求從這些脈衝星信號不同的轉變中演算出重力波的動向，換個角度來看，這個方法是在用整個銀河系來測量較低頻率（周期長達數十年）的重力波。

雖然還談不上有所發現，但世界多個不同的研究團隊已經在脈衝星數據中找到一定線索，正在共同合作分析數據，期望盡快發表研究結果。



◆物體在空間中移動，改變附近的重力場，這些改變往往以波浪的形式向四方發散，形成重力波。網上圖片



◆蟹狀星雲的脈衝星（X射線及可見光波段合成的圖像）。網上圖片



◆位於意大利的室女座（Virgo）干涉儀。網上圖片

小結

宇宙中的事物多姿多彩，如果單是運用光去看，或許只能觀看其中的一小部分。希望日後可以開發出更多測量重力波的方法，我們就能夠從更多的角度去觀察宇宙了！

◆杜子航 教育工作者

早年學習理工科目，一直致力推動科學教育與科普工作，近年開始關注電腦發展對社會的影響。

多讀課外書 發現數學趣味

奧數揭秘

問題：如圖一，半圓以AB為直徑，O為圓心，另有圓P，與半圓相切於O及其圓周。又有圓Q與上述半圓與圓P相切。已知OB長度為1，求圓Q的半徑。

答案：設圓Q的半徑為r。

如圖二，連結PQ、OP和OQ。由Q引垂直線至AB及OP，交點分別為T及S。由於OB為1，那麼OP為0.5，而OQ為1-r，PQ則是0.5+r，另有QT為r，又有PS為0.5-r。

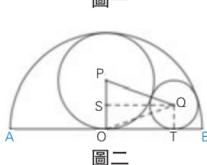
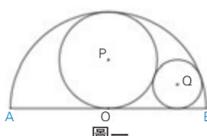
反覆應用畢氏定理，則有 $PQ^2 - PS^2 = QS^2 = OT^2 = OQ^2 - QT^2$ ，代入上方算式，得 $(0.5+r)^2 - (0.5-r)^2 = (1-r)^2 - r^2$ ，展開括號得 $2r = 1 - 2r$ ，得r為0.25。

題解中，連接相關線段，用題目所求的半徑r來表示各線段長度，多次用到畢氏定理，就剛好串聯到兩個直角三角形的邊，之後得到只關於r的方程就解出來了。

單看題目裏用了畢氏定理，技巧上看來主要是初中內容，只是若果仔細看，圓與其他的線相切，而相切點處半徑與切線成直角，這又是課內高中數學的內容了。要是放在初中來測試學生，用來鍛煉畢氏定理技巧的話，可以補充這些切線相關的資料，解題就可以用得上。

學生在六七月這些日子多數已經考完試，暑假又快到了，這些時候，挺適合用一些較輕鬆的想法來看看數學題。平常數學科難以培養興趣的原因，大概因為是主科，影響升學，於是做起數學題來就有緊張的感覺，生怕錯了什麼會扣分，影響成績排名。

在放假的日子，是可以嘗試減輕一下訓練的強度，比如看看書裏的例題，或者純粹出於好奇，看看新的數學教科書的內容，去書店翻幾頁數學課外書看看。要是一段文字未看得明白，就看另一段，找些看得明白的就可以了。平常上網，找些數學故



事看看，也有很多資源。

培養興趣要有輕鬆的氣氛，而平常上學的日子，許多學生功課量已經很大，未必有時間培養興趣。在假期裏換個心情、換個看法，出於好奇看一兩段，關於數學的文字，也是一種新鮮感。在培養興趣來說，先找一些三百至五百字的文章，大概一分鐘左右看得完的，多數就沒什麼抗拒感。

數學訓練中挑戰難題或者是操練基礎對增長能力都是重要的，只是這些挺消磨意志的，背後也要注意多點累積快樂的回憶，令自己看起這些數學時少一點厭惡感、多幾分樂趣，那樣動力自然會大一點。

有時回想起，自己為什麼有些年月愛讀數學，可能就只是因為某個時刻逛書店時，翻開了一頁書，見到了一個精巧無比的解題方法，就被吸引了，然後在不斷地追問下，對於數學就思考得更多，能力也因此成長了不少。

對於學生來說，數學怎樣也要讀到中六的，老是帶着厭惡的心思去學，那好像太苦了自己。試着去書店看一兩頁數學書，給自己一個機會，累積多一點點愉快回憶，也是好事。



◆張志基

簡介：奧校於1995年成立，為香港首間提供奧數培訓之註冊慈善機構(編號：91/4924)，每年均舉辦「香港小學數學奧林匹克比賽」，旨在發掘在數學方面有潛質的學生。學員有機會選拔成為香港代表隊，獲免費培訓並參加海內外重要大賽。詳情可瀏覽：www.hkmos.org。

積極節能減碳 主動實踐環保

綠得開心@校園

意識到低碳生活、節能環保有利於減緩全球氣候變化和環境惡化的速度，推動環保、鼓勵同學過低碳的生活成為筲箕灣官立中學的重要任務之一。為了推動環保教育，培養同學正面價值觀及態度，以及對國際議題的關注，學校在2022/23年度參加了港燈舉辦的綠色能源夢成真比賽，並有幸在中學組獲得冠軍。

同學們早已掌握能源管理的重要性，在比賽初期已訂定重點：如何令新一代認識可再生能源，希望能透過比賽喚起大眾的關注。在港燈的資助下，同學決定製作以可再生能源為主題的棋盤遊戲，結合遊戲與教育，讓玩家從娛樂活動中學習各種可再生能源，同時了解人類的綠色新機遇。

透過棋盤遊戲的互動及挑戰卡的問題，玩家認識並深入了解發展可再生能源的挑戰。

此外，團隊更製作了一個動畫，說明遊戲玩法和解答挑戰卡上的問題，並解釋有關可再生能源運作的科學知識。以動畫加上卡通角色作為吉祥物的形式，可以更好地通過卡通人物來引起小朋友的興趣。整個設計親切有趣，遊戲中玩家從起點校園出發，過程中將會經過香港獨有的環保地標。不僅能夠傳遞有關環保信息，玩家還可以從遊戲中親身體驗，更能將環保意識融入生活當中。

同學期望是次作品可以向大眾傳播有關可再生能源的知識，了解到當中的影響和局限性，從而改變生活習慣，減輕能源短缺的危機。

這次比賽讓學生明白能源議題的重要性，令他們主動承擔改善大眾福祉的責任。他們發揮創意，並靈活應用從學校所學的STEAM教育，結



▲獲獎同學合影。作者供圖



▶獲獎作品：再生能源主題的棋盤遊戲。作者供圖

合科技和藝術的元素，為解決能源問題出一分力，積極貢獻社會。

承擔保護環境公民責任

另外，學校去年舉辦了咖啡渣手工皂工作坊，以提高同學的環保意識。學生利用科學知識配合環保理念，積極收集已用完的咖啡渣，製作了很多形狀有趣的手工皂。所有的成品選用作中三義工探訪活動時的紀念品，極具意義。同學在保護環境的同時，努力製成成品去關懷需要幫助的人，學會感恩和珍惜。

為了讓同學身體力行，以行動實踐環保，校內除了設有一般的回收箱，還有墨盒回收箱，希望同學養成環保的習慣。學校亦舉辦了加入環保概念的清潔比賽，學生自攜家裏廢棄的舊布及物品回校清潔課室，期望透過這些活動讓學生明白環保的意義，承擔起保護環境的公民責任。

環保是對下一代負責，希望下一代都有好生活，我們與社會未來的主人翁一起努力，為環保繼續奮鬥！

- ◆筲箕灣官立中學（港燈「綠得開心計劃『綠得開心學校』」之一，2022/23年獲「綠色能源夢成真」中學組冠軍）
- ◆港燈綠得開心計劃，致力透過多元化活動，協助年輕一代及公眾人士培養良好的用電習慣、多認識可再生能源和實踐低碳生活。目前有逾650間全港中小學校加入「綠得開心」學校網絡，如欲加入一同學習和推動環保，歡迎致電3143 3727或登入<https://minisite.hkelectric.com/HappyGreenCampaign/>



Facebook