

市民參與科研 尋找伽瑪射線



科學講堂

閃電大家應該都有見過，不知道各位有否覺得這個現象神秘萬分？原來閃電與高能量的伽瑪射線也有關聯，讓這個現象顯得更耐人尋味！這樣的一個研究課題，提供了一個難得的機會，讓普羅大眾一同參與。今次就和各位分享一下這個方向的研究。

能量最強電磁輻射 極端環境才能製造

先介紹伽瑪射線。它們是電磁光譜中頻率最高、能量最強的電磁輻射。一般來說，製造它們需要相對極端的环境：例如黑洞、超新星附近。正因如此，自然產生的伽瑪射線大多來自外太空，不應在地球之上頻繁出現（我們特別建立的實驗室自然另當別論）。不過早在1985年，科學家們卻在地球上的雷暴之中偵測到伽瑪射線：當時一輛載有輻射偵測器的飛機穿過一場雷暴，因而測量到在閃電之前，雷雨雲有可能會發出一些不太強烈的伽瑪射線。到了1994年，康普頓伽瑪射線天文台更從雷雨雲中偵測到更強烈、但歷時只有數十分之一秒的伽瑪射線。這個天文台位於太空之中，本來是用來測量宇宙中的伽瑪射線，卻出奇地在地球之上找到這種高能量輻射。



● 研究這些與閃電相關的伽瑪射線並非易事。網上圖片

可惜一直以來，要研究這些與閃電相關的伽瑪射線並非易事：人造衛星與這些射線距離太遠，不容易有詳細的偵測；飛機或氣球可以深入雷暴之中進行量度，不過這樣做好像危險了一點，而且飛機或氣球的存在也有可能影響這些伽瑪射線。



● 雷雨雲在閃電之前也有機會發出伽瑪射線。資料圖片

高速電子撞原子 能量轉變成射線

位於日本中部的金澤市，原來十分適合測量這些伽瑪射線。一般來說，在地上進行偵測相對安全，不過雷雨雲與地面大多距離太大，那些伽瑪射線還未到達地面，就被空氣或其他物料大量吸收了，以致在地上測量並不理想。金澤市在這方面卻是與別不同：這裡經常有強烈的雷暴，而且雷雨雲一般與地面的距離少於1公里，因而來自雷雨雲的那些伽瑪射線，可以輕易到達地面而不會被完全吸收。再者，金澤市擁有寬闊的內陸平原，方便研究人員在不同地方安裝偵測器，監察那些伽瑪射線與雷雨雲移動的模式。相關的研究人員，更進一步將這個研

究變成社區共同參與的計劃：他們開發了體積不大的伽瑪射線偵測器，再將它們分發給當地居民，以便安裝在他們的家中、花園中來進行測量。研究人員希望與更多的市民合作，在未來可以有數以百計的偵測器安裝在城市的不同部分之中。這自然不是市民參與的唯一方式：他們也可以拍攝並上傳雷暴、閃電的照片；擁有那些伽瑪射線偵測器的市民，更會在伽瑪射線發放的時候收到通知，以便他們拍攝相關的雷雨雲照片，為研究人員提供數據，去理解怎麼樣的雷雨雲在什麼狀況下才會發出那些伽瑪射線。

有了更多市民的「監察」，自然更有機會拍攝到有用的照片；與此同時，市民也可一同參與科研，為擴展我們的知識領域出一分力。到了今天，科學家們對這些伽瑪射線的來源，已有一些概括的想法：在閃電之前，強烈的電磁場存在於雨雲之中，電子因而受到影響而加速至接近光速。不過，當這些高速電子與雨雲中的其他原子相撞，它們就會慢下來，並將原來的高能量以伽瑪射線的形式釋放出來。當然「魔鬼在細節」，科學家們還需更多的研究去完全理解整個機制。可幸的是有了一眾市民的參與，研究的步伐希望能大大加快。

■ 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。

階乘

奧數揭秘

這次談到的問題，用到階乘的概念，符號是感嘆號，例如 $5! = 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$ ，就是由5開始倒數着乘下去，乘到1為止。一般來說，含階乘的算式都有點複雜，而以下的問題就可以大幅化簡，算是有點驚喜。

問題：計算 $\frac{1}{2!} + \frac{2}{3!} + \frac{3}{4!} + \dots + \frac{10}{11!}$ 。

答案：由觀察得知通項為 $\frac{k}{(k+1)!}$ 。留意到 $\frac{k}{(k+1)!} = \frac{k \cdot k!}{k!(k+1)!} = \frac{(k+1)! - k!}{k!(k+1)!} = \frac{1}{k!} - \frac{1}{(k+1)!}$ 。

因此原式 = $\frac{1}{1!} - \frac{1}{2!} + \frac{1}{2!} - \frac{1}{3!} + \frac{1}{3!} - \frac{1}{4!} + \dots + \frac{1}{10!} - \frac{1}{11!} = 1 - \frac{1}{11!}$ 。

解題過程中，在通項裡把分式擴分了，分子分母都乘上了 $k!$ ，成了化簡的關鍵，由於 $k!$ 是無中生有的，所以是個難點。如果把分子看得仔細點，就是 $k \cdot k! = (k+1)! - k!$ ，若是初接觸階乘的話，可能對運算有點陌生，這裡就說得詳細一點。分子拆開了之後，就可以拆成兩個分數，分母是連續數的階乘，於是原式各項拆開之後，大部分就可以互相抵消，最後只剩下頭項和尾項。

階乘這個概念，課內是中五中六左右，由排列與組合的課題裡引入；奧數裡，有時小學五六級，談起組合問題時，也會有相關的符號。引入的時機，通常都是要由組合問題再延伸到概率的需要。最基本的問題，就是三個英文字母A、B和C，以不同次序排列起來，有多少個排列方式，那就是 $3! = 3 \times 2 \times 1 = 6$ 種。背後列舉的方式，小三小四的學生已經能夠理解，配合乘法是在充分理解列舉法後，進一步簡化表達方式而得，而階乘的寫法，就是引入新符號，使得表達更簡潔。

在組合數學的課題裡，由階乘進一步延伸出去的話，還有求組合數的 C_n^r ，即在 n 件事物中取 r 個有多少不同組合的問題，另外又有排列數的 P_n^r ，即在 n 件事物中取 r 個有多少不同排列的問題。中學課內的組合數學，大概就去到這裡，而奧數裡有時還會引

入多一兩個符號。

開始學階乘時，大都以組合問題為基本，只是符號創造了出來，也會滲透進去其他數學裡。始終數學也是一個整體，看多一點數學題，不時見到它的蹤影。

計算階乘的時候，很快就會發現，它一般是個很大的數，不易用手計算出來。由1的階乘開始，分別是1, 2, 6, 24, 120, 720, ... 增大得很快。即使用計算機來算，常用的計算機有99個位，也只是計到69!，到了70!就會出現錯誤訊息。

談到那麼大的數，會不會有公式估算一下呢？也是有的，數學上有Stirling's Formula，當 $n!$ 相當大的時候，就會接近 $\sqrt{2n\pi}n^n e^{-n}$ ，其中 e 是個常數，是2.71828左右。相關證明，在網上也找得到，但都要些微積分的背景知識，也就是課程內高中數學延伸部分的內容。

奧數裡出現的階乘相關題目，有時是運算技巧上的，有時是組合數學裡出現，變化比課程內的數學大，但始終很難有Stirling's Formula那麼玄妙的結果。那些結果大都是人們思索了很久才想出來的，用的時間比數學競賽用的相差很遠。由奧數裡見到比課內更多的數學，從而嘗試去見識更多數學，也是學奧數的重要意義。 ● 張志基

選用環保物料 製作懷舊玩具

綠得開心@校園

將軍澳官立小學致力推廣環保，更將環保訊息滲入校本課程及校外活動，並推廣至社區，效果理想，即使在停課期間也無阻學生繼續發揮創意，綠得開心環保大使通過實時網上學習，善用3Rs的概念把舊物重用及改良，變成新奇有趣的玩具。學校同時亦上載多套「環保小百科」短片，例如麥兜低碳動畫、《鏗鏘集》之「廢膠圍城」及「地球生病了之身體檢查報告」等，讓同學在停課期間也緊記環保的重要性。

配合STEAM發展，本校在五年級視覺藝術科進行環保再生燈課程，學生能夠發揮創意設計別具特色的再生燈外形，再選用合適的環保物料剪裁出自己喜歡的燈罩造型，將環保燈化為其中一件傢具，為家居添上環保味道。

而六年級學生就參與環保再生玩具創作課程，他們從中學習今昔玩具的製作歷史及原理，並透過訪問家人，認識陀螺、公仔紙、竹蜻蜓等懷

舊玩具。學生於課程中，使用被遺棄的扭蛋製作不倒翁。他們研究力學原理後，明白不倒翁利用支點的平衡力站立，及後在不倒翁底部加入正極磁石，配合紙版，於紙版下接上安裝負極磁石的控制器（controller），使不倒翁能夠在紙版上靈活行動。

學生更以兩個不倒翁進行二人足球競賽，當中意念可謂創新。

除了校內課程，本校也經常與本地不同的環保團體合作，「我們的天地2019/20校園外展教育計劃」就是與世界自然基金會(WWF)合作的活動，共同推動環保。活動讓低年級學生代入瀕

危動物面對的處境，嘗試找出生物適應環境的方法，並親手製作一個模擬地或創作一段新聞報道環節。而高年級學生則透過工作坊吸取前人經驗，認識如何在製造、使用和棄置物料方面，更有效地利用地球資源，減少浪費。透過工作坊學生因而更了解人類活動正嚴重影響珍貴的大自然，從而鼓勵大家採取合適的保育行動。

我們明白推動環保教育並不是單靠一次性的活動，而是可持續發展的項目，所以將軍澳官立小學的師生會繼續努力為環保出一分力。



● 學校開放日舉行「環保再生燈展覽」。作者供圖

● 將軍澳官立小學

港燈綠得開心計劃「綠得開心學校」之一，最傑出「綠得開心學校」大獎2019小學組季軍港燈綠得開心計劃，致力教導年輕一代及公眾人士培養良好的用電習慣，目前已有四百多間全港中小學校加入「綠得開心」學校網絡。如欲了解詳情，歡迎致電3143 3727或登入www.hkelectric.com/happygreencampaign。

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。

