

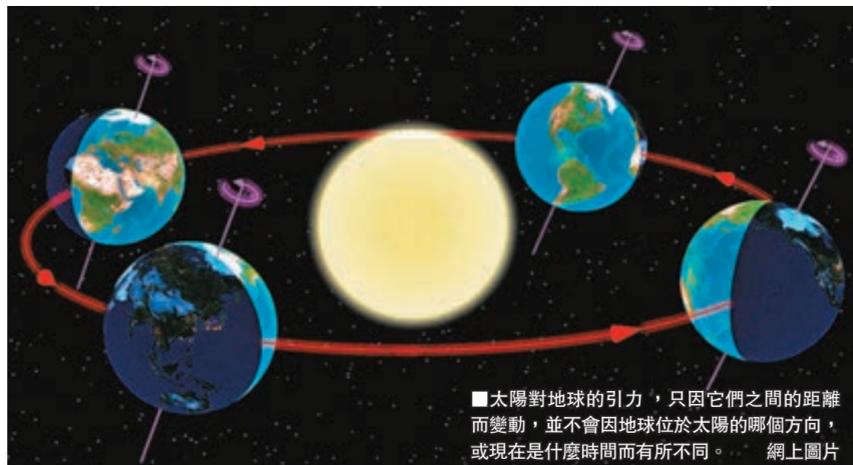
能量太抽象 古人難想像

科學講堂 逢星期三見報

上次跟大家介紹了一個別出心裁的貯存能量方法，也帶出了「能量守恒」這個大自然規律。在我們談及「開發再生能源」、「現代都市每天運用了多少能量」的同時，究竟什麼是能量呢？今天就和大家分享一下有關能量的知識。

我們都體驗過能量的威力：太陽發熱發亮、爆炸時發出隆隆巨響、近日北海道發生的地震，都是能量的釋放；不過能量可以以不同的形式存在，沒有實質的形狀，卻又好像無比抽象。因此，「古人」思考「能量」這個概念，其實一點兒也不自然：在西方，一直到17世紀，才由著名學者萊布尼茨（Gottfried Wilhelm Leibniz）提出跟現代相類的能量概念。

20世紀有名的物理學家費曼（Richard Feynman）也在他的物理講課中提到，能量守恒定律「是一個很抽象的主意，因為它是一個數學的原則……而並沒有描述背後的機制……它就是這樣的一個奇怪事實：我們計算了一個數量；在欣賞了大自然完成它的把戲後，我們再重新計算一次這個數量，也還是沒有改變。」



太陽對地球的引力，只因它們之間的距離而變動，並不會因地球位於太陽的哪個方向，或現在是什麼時間而有所不同。網上圖片

曾以為熱是物質

能量沒有固定的「形相」，因此要決定我們身邊的各種物事之中，究竟哪些是能量，並非易事，而熱能就是一個有趣的例子。

現在我們稱之為熱「能」，當然是因為知道它是能量的一種。可是在19世紀以前，人類曾經很認真地認為「熱」是一種物質：這個鐵鍋的溫度很高，是因為它含有較多的「熱」。

後來，英國物理學家焦耳（James Joule）觀察到，工人在鑽挖金屬的時候，金屬的溫度會上升，儼如「熱」是可以憑空被製造出來的。這個現象告訴了我們，不應將「熱」獨立來看：「熱」其實只是能量的一種，能夠和其他能量形式互換。

到了20世紀初，德國數學家諾特（Emmy Noether）為各式各樣的守恒定律提供了一個數學上的證明：守恒定律原來是源於系統本身的「對稱」。

什麼是「對稱」？太陽對地球的引力，只因它們之間的距離而變動，並不會因地球位於太陽的哪個方向而有所改變，就是一種「方向的對稱」；再者，只要距離相同，太陽與地球之間的引力也不會因為現在是什麼時間而有所不同，這就是一種「時間的對稱」。

諾特的定理告訴我們，系統的每一個這樣的對稱，都會有一個相對應的守恒定律：因為系統以特別的方式移

動，這個系統的某些數值會因此而維持不變。

之前提過的「時間的對稱」，就對應於「能量守恒定律」：時間與能量，原來有着深層次的關聯。

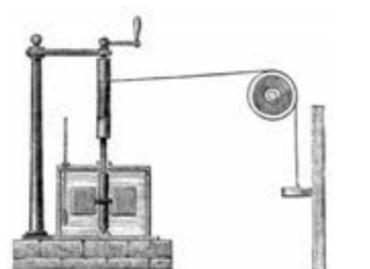
能量不生不滅，可以從不同的形式之間互相轉換，聽上來好像不賴：看來我們好像可以不用擔心這個世界會「沒有了能量」。

不過隨着我們對大自然的認識增加，現在我們知道了能量有「無用」和「有用」之分：能量不生不滅，但現存的能量不一定對我們有用。

在未來的日子裡，再找機會跟大家深入討論這個話題。在這之前，大家還是要記着：善用能量。



地震的發生，也是能量的釋放。網上圖片



焦耳的儀器，用來研究熱跟能量的關係。網上圖片

張文彥

香港大學土木及結構工程學士，短暫任職見習土木工程師後，決定追隨對科學的興趣，在加拿大多倫多大學取得理學士及哲學博士學位，修讀理論粒子物理。現任香港大學理學院講師，教授基礎科學及通識課程，不時參與科學普及與知識交流活動。

題目或平凡 解題不平凡

奧數揭秘

奧數題裡有些問題看來很簡單的，但仔細做起來，思考過程卻充滿驚喜。這次分享的是一道不定方程。

逢星期三見報

問題 a, b, c 是三個自然數，滿足 $a+b+c=abc$ ，求出所有的自然數解。

答案 設 $a \leq b \leq c$ ，若 $ab > c$ ，則 $abc > 3c$ ，於是 $a+b > 2c$ ，與 $a \leq b \leq c$ 矛盾。若 $ab = c$ ，由 $a \leq b$ ，得 $a=1, b=3$ ，因此 $4+c=3c$ ，得 $c=2 < b$ ，矛盾。若 $ab < c$ ，則 $ab \leq 2$ 。若 $a=b=1$ ，則 $2+c=c$ ，無解。因此只有 $a=1, b=2$ 和 $c=3$ 。普遍來說，就是 $\{a, b, c\} = \{1, 2, 3\}$ 。

回顧這道題目的解法，簡言之就是先排序，再分類，然後在各種矛盾中，找到最終只有一組的答案。

在解題的步驟裡，用到的數學知識很少，題目的形式也很簡單、很短，只是在推論之中，又會發現到這麼簡單的條件中，原來已經局限了答案只有一組。

奧數的題目裡，有一堆題目只是簡單一道算式，一道不定方程，若是看了答案，會發覺答案裡需要的知識毫不複雜，只是當中的做法，就難以知道為什麼要這樣轉彎。

例如上文的題解，a和b是合在一起看的，不是用a或b多少來分類，而是用ab來分類。另外，分類起來，當中用了3作為分類的那一點。這兩件事仔細想來，就知道並不是隨意選擇，都可以推論得那麼順利和簡潔。

個人的看法是，由開始時等式的條件中，自然數的乘積，一般都會比它的和大多，因此若是有解，整體來說不會太大。在分類的時候，若將ab的數值做分類，而數值不太大的話，列舉出a和b兩數的時候，情況也不多，解起來也比較容易。至於為什麼用3來分類，那可能是因為做起来的時候，其實原本未必剛好用得那麼準，可能是用4或5，只是解出來之

後，發覺解題的關鍵無須要那麼大的數，那表達時用3作分類就剛好。

剛才的這一段，是一個看到答案之後，對解題策略的理解。在奧數裡，解題策略往往不是一板一眼的，可能有固定步驟，但通常都只是一個大致的方向，看到什麼情景，大致上怎樣會簡單一點、表達上容易一點、分類上簡潔一點，就先試試看，而不是未解之時，就已經全盤知道下一步要怎樣。

有時候完成解題，就知道真正的策略要怎樣，有時做了很久也沒答案，在理解答案的過程中，亦要進一步嘗試理解那個策略是怎樣想出來。

這當然未必真正可以知道解題人的原意，但這是學習上的重要部分。這點反省跟事後孔明是不同的，要誠實不欺地反省，明白什麼想法之後會有用，長遠才可以有進步，相反，抱着自欺欺人的想法事後孔明，是不會有進步的。

原本看來簡單的問題，而基礎知識也不多的，對策略的反省，在學習中很重要。策略並不是公式，是有模糊的性質，並不是每一步驟都清晰可見的。懂得配合模糊的策略，和嚴格的推論，是處理難題的重要基礎。

張志基

簡介：香港首間提供奧數培訓之教育機構，每年舉辦奧數比賽，並積極開辦不同類型的奧數培訓課程。學員有機會獲選拔成為香港代表隊，參加海內外重要大賽。詳情可瀏覽：www.hkmos.org。



氣象萬千

星期三見報

市民在打風的時候，應該留在安全地方，但我們雷達機械師，在三號風球或以上時，就要到山上的雷達站當值。

大帽山的天氣雷達站，位於麥理浩徑第八段路上，屬於禁區範圍，一般人不能進入。入站的話就要直行，進入禁區，才可到達雷達站。

最初入天文台的時候，發現原來打風時需要當值，家人知道後當然有些擔心，而且知道我們要上山頭野嶺，他們會擔心我，我在山上也會擔心他們。

雷達可以有效監測香港和鄰近地區的天氣情況，特別是惡劣天氣，例如雷暴、雨區的形成和發展，移動方向和速度等。

雷達機械師可以用「天氣資料守護者」來形容。工作範圍很廣闊，有時上山，有時下海，有時要坐直升機到處飛。

雷達站的「波波」是雷達一部分，是雷達

天線的保護罩，主要作用是讓天線可全天候運作，例如強風、下雨時，都不會受天氣影響。

正常情況下，如果在雷達運作期間，沒有人能進去「波波」內，因為天線會轉動，裡面沒太多空間讓人停留，而當雷達運作時會發射微波，功率頗強，大家可以想像，就如進入微波爐，如果進入就會危害身體。

我記得在2012年7月，當時「韋森特」襲港，天文台掛起十號風球。風球掛出後不久，雷達站突然有火警訊號，雷達亦停止運作。我們第一時間找到原因，發覺原來不是真的有火警，而是一個火警探測器短路，我們將它隔離，重新啟動雷達。

那次我們冒著風雨搶修，完成後「由頭濕到落腳」，非常深刻，因為人生會遇到多少個十號風球呢？我能夠在十號風球下為市民



天文台高級雷達機械師葉永成介紹大帽山的天氣雷達站。視頻截圖

服務，還修理好雷達，所以印象十分深刻。因為雷達要24小時運作，我們對它可說是牽腸掛肚，就像我們照顧小朋友，由無到興建到有，之後裝備和優化設備，再到投入工作，能夠正常運作，就像我的小朋友一樣，由出生到供書教學，裝備他，直至他現在出來社會工作。

簡介：本欄以天文台的網上氣象節目《氣象知識》向讀者簡介有趣的氣象現象。詳情可瀏覽天文台YouTube專頁：<https://www.youtube.com/user/hkweather>。



動手發揮創意 解難掌握知識

科技暢想

隔星期三見報

近年，「STEM」一詞在香港教育界成為熱門話題，不僅任理工科目的老師對此有一定認知，相信大部分任教文商科目的老師也略有所聞。STEM代表科學（Science）、科技（Technology）、工程（Engineering）和數學（Mathematics），源於美國的教育政策。全球多地，包括香港，均參考此教學法，希望透過STEM教育培養科技人才。

要真正實踐STEM教育，創客思維是其中一個不可或缺的元素。創客（Maker），顧名思義，就是把各種新奇的想法和概念，透過動手「創造」，轉變為現實。學生因應各種生活問題去設計及創造一件發明品，就是創客的好例子。

很多時候，老師上課時常依照課程大綱及考試範圍，按課程計

劃，盡量於有限的時間內把知識全部教授予學生，能安排課程以外活動的時間少之又少。

即便能擠出一點時間讓學生動手做，也只能根據既定的步驟進行，難給學生真正發揮創意的空間，更遑論培養自行探索、設計問題以及解難能力。

自行設計 成功感強

反觀，於課後推動創客教育，則能有效地讓學生在實踐中學習STEM。它的學習內容可以不受任何課程大綱限制，亦不需透過考試來考核學生。創客教育強調讓學生敢於創新，透過自行設計及創造發明品的過程，接觸STEM的各項元素，並產生成功感，以培養學生持續學習的興趣。不論發明品是簡單還是複雜，只要是由自己設計及創造，成功感往往遠超那些被安排的STEM任務。

在創客的實際操作，往往於製作過程中遇到不能預見的難

題，學生基本上不可能先從課堂中學懂所有相關知識，才開始當一個創客。相反，要培育學生成為真正的創客，除先讓他們了解一些基本知識外，更應培養他們持續自學的能力，遇到難題時自行探索解決方法，讓他們多一點「Google」，少一點依賴老師。

找到辦法 增強自信

學生創造發明品或開發程式時，每每會遇到很多困難和挑戰，他們大多會即時請老師幫忙。在這種情況下，適當地引導他們找出解決方法，比直接把答案告訴他們更好。

所謂「授之以魚，不如授之以漁」，過程中不論遇到任何難

題，只要學生能靠自己解決，定必能增強自信和動力，去面對將來有關STEM的一切。

他們完成發明品後，就得以掌握相關知識，甚至比老師所知道的還多。STEM教育很多時強調動手造及於實踐中學習，透過創造一件屬於自己的發明品，發揮創新思維，解決實際問題，提升學習動機，促進自主學習。

解放學生的創意，放手，讓他們動手「創造」吧。

學生創客發明品「醒降機」曾於本地、全國及國際多個科創比賽獲獎。於構思、製作及匯報發明品的過程中，筆者讓學生自主學習，於必要時才作適當的引導。

郭子傑 香港新興科技教育協會 簡介：本會培育科普人才，提高各界對科技創意應用的認識，為香港青年提供更多機會參與國際性及大中華地區的科技創意活動，詳情可瀏覽www.hknetea.org。

