

摩擦能生熱「熱」究竟是什麼？



科學講堂

近日氣溫驟降，不知道會否讓大家想起與溫度、熱力有關的科學問題：例如什麼是溫度？熱力是怎樣傳播出去？這些問題，今日就和各位簡單探討一下。我們對熱力較有系統的探究，應該源於十九世紀的工業革命時期：那個時候的工業家亟欲引入各種機器以提升生產力，因而為探究能量的使用、熱力的本質這些問題提供了極大的誘因。那麼「熱」究竟又是什麼呢？

前人視熱為物質 現已理解是動能

在十六世紀左右，人們曾經將熱猜想為一種無質量的氣體（也就是說是一種實際的物質）：含有這種「熱物質」愈多的東西就愈熱；假如這種氣體自己互相排斥，就會從含量高的地方流動到含量低的區域，因而就能解釋熱從溫度高的範圍傳到較冷地方的這種常見的現象。

不過，這個理論有一個弱點：日常之中我們摩擦物品、雙手，就能輕易產生熱力；十八世紀英國的倫福德伯爵（Count Rumford）更指出，他們在製造大炮和炮彈的時候，摩擦金屬就能隨時產生熱力，而且源源不絕。如果說熱是一種物質，難道它們在每件物品之中的含量都是毫無極限，一經摩擦就能將它們釋放出來？

時至今日，我們不再將熱力視為物質，反而將溫度理解為組成物品的粒子的動能量：物品都是由粒子組成，並且都是或快或慢不停地移動着；物品的溫度愈高，其實就是這些組成的粒子移動得愈快；而這些動能量從一件物品傳到另一件，就是熱力。由於可以用不同的方法將能量注入這些粒子之中，令它們的速度變得更高（例



● 風是流動的空氣，只要有足夠的能量鼓動空氣，我們要多少風就有多少風。圖為市民被強風吹得東歪西倒。資料圖片如藉由互相摩擦），我們自然可以隨時隨地將物品的溫度提升，而不需要擔心「這件物品是否藏有無限的熱力」這類問題。這就好比風是流動的空氣：只要有足夠的能量鼓動空氣，我們要多少風就有多少風，而不需擔心「風在這個世界中的存量」是否有有限。



● 我們摩擦物品就能輕易產生熱力，甚至可以用來生火。

資料圖片

粒子轉移能量 熱力得以傳播

不過在將溫度理解為粒子的移動的當兒，我們又如何解釋熱力的傳播？我們可以想像一團熱的氣體碰上另一團冷的氣體：熱氣團中正在快速移動的粒子自然會不斷地撞上冷氣團中動得較慢的粒子，並在這些碰撞之中在粒子之間互相轉移能量。得到更多能量的粒子自然會加速起

來；從宏觀的角度來看，加速了的粒子就代表氣體的溫度得到提升，也就是熱力從一個氣團傳到另一個氣團了。

對熱力的研究，在工業革命的時候得到了長足的發展，確立了鞏固的基礎；熱力學甚至被愛因斯坦認為是最不會被推翻的學說。不過這並不代表熱力學已經是一個

「式微」的領域。到了今天，科學家們還在探討量子世界之中的熱力學法則：如果溫度是眾多粒子移動速度的表徵，那麼在只有少量微小粒子的量子世界之中，溫度、熱力又將如何理解呢？可惜的是我們在這方面的認識還在摸索階段，還需要未來進行更多的研究。

● 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。

遞推與降次

奧數揭秘

這次的題目關於遞推數列，就是比如知道 $a_1 = 2$ ，對於 i 為正整數，有 $a_{i+1} = 2a_i + 3$ ，那麼就會知道 $a_2 = 2a_1 + 3 = 2 \times 2 + 3 = 7$ ， $a_3 = 2 \times 7 + 3 = 17$ 之類。這些問題，有時在課內的題目，比如多項選擇題之中，也有機會遇到。

只是多數學生見到下標之類的符號時，就覺得又複雜又陌生，然後歸類為難的題目。以下就談談一些常見的思路。

問題：定義數列 $\{a_i\}$ 為：對於 $i \geq 1$ ，有 $a_{i+1} = \frac{1}{1-a_i}$ 。若 $a_3 = a_1$ ，求 $(a_3)^9$ 。

答案：先求首幾項，看看有沒有規律。為免符號太複雜，以下記 a_i 為 a 。

$$a_2 = \frac{1}{1-a},$$

$$a_3 = \frac{1}{1-a_2} = \frac{1}{1-\frac{1}{1-a}} = \frac{a-1}{a},$$

$$a_4 = \frac{1}{1-a_3} = \frac{1}{1-\frac{a-1}{a}} = a.$$

由最後一行得知， $a_4 = a_1$ ，按此規律，每三個一數， a_7 亦相同，而又因題目條件有 $a_3 = a$ ，按此規律，三個一數，得 a_6 與 a_3 皆相同。故此題目所求的算式中的 a_9 ，實為 a ，故題目所求為 a^9 。

由 $a_3 = \frac{a-1}{a} = a$ ，得 $a^2 - a + 1 = 0$ ，等號兩邊乘以 $(a+1)$ ，得 $a^3 + 1 = 0$ ，即 $a^3 = -1$ 。

故此 $a^9 = (-1)^3 = -1$ 。

題解中展現了這些數列問題的常見思路，就是先在反覆代入遞推公式時，發現當中的規律，然後在題目特定條件中，找到所求數字的相關數值。

在代入之前，其實未必看得出有什麼特定關係，較幸運的情況，可能像這一題一樣，代入兩三次，就回到了先前第一步的 a ，然後看出隔幾個就會重複。有時則是見到一些較簡單、容易歸納出通項的情況。

題目裏有個條件，就是 $a_3 = a_1$ ，這種數列中兩個項有關的情況，通常都會用遞推的條件，推到等式兩邊的未知數一樣，比如今次就是把左邊寫成 $a_3 = \frac{a-1}{a} = a$ 。那樣在計算之前，已經知道會計出一些項的具體數字，或至少知道它符合什麼方程式。

即使知道了後來的方程 $a^2 - a + 1 = 0$ ，到了計算 a^9 的時候，也沒答案裏那麼簡單直接。有可能在見到方程時，就想解出來，那樣固然可以用一元二次方程的公式，但答案就沒那麼整齊了，有根式，而所求的 a^9 ，次方相當大，展開根式時，情況會變得複雜。

這題來說，方程式會變成 $a^3 = -1$ ，實在是有點幸運成分。若是變成了另一些二次方程，系數沒那麼整齊的，也有個比較簡單的想法，比如把有平方的項放等號左方， $a^2 = a - 1$ ，那樣 $a^3 = a(a^2) = a(a - 1)$ ，就會由9次變成5次，次數低了，計算也容易些。

有時在初中奧數的階段，純粹給定一道一元二次方程，計算好像題目裏的 a^9 ，就已經是一道難題了。這裏綜合了遞推與降次的想法，而且有發現關係的部分，所以更困難。 ● 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。



● 學生們在「方少青蔥生態園」進行教學活動。

作者供圖

鋪草地綠化校園 踏單車推廣節能

綠得開心@校園

地球正面對着前所未有的環境危機，環保的問題已在世界各國引起高度重視，作為一所小小的學校，我們積極探討如何配合政府的環保政策。近年經常聽到「低碳生活由我做起」這口號，我校一直朝着這目標進發，先從低碳生活入手，讓學生明白保護環境應從小事做起。

我們從一所「健康學校」走到「健康與環保」並重的學校，真不容易。一直以來，我校都積極參與不同健康與環保的計劃，其範疇涵蓋多個層面，希望藉着不同的計劃，學生能實踐低碳生活，愛護環境，珍惜地球資源。

本校於2019年獲撥款實踐綠化校園的計劃——「方少青蔥生態園」，是次計劃的目的是將綠色環保生活的概念融入校園生活裏，其中一個較具

特色的綠化工程就是於生態園鋪設草地，草地既能綠化校園，又能提升整體的觀賞價值及舒適度。本校為一所屋邨學校，樓宇林立，我們在校內小花園鋪種出一片草地，面積約109平方米，這片綠油油的草地像為小花園加上一片綠地毯。

同學們能在這片自然的綠化草地上休息、玩耍或進行教學活動，既令人舒暢，又賞心悅目，令人疲勞盡消。我們更在草地上設置自動灌溉系統，節省大量的灌溉時間，不但減輕學校工友的工作量，更可節省用水。此外，設置定時器來澆水，亦有助小草茁壯成長。

「方少青蔥生態園」中另一個重點項目，就是在校園裏設置再生能源的設備，讓同學進一步認識綠色能源的好處。我們在校內的有蓋操場裝置了4部環保發電單車，學生踩動單車時，單車發電系統會把動能轉化為電能，而單車發電系統的能量轉換數據並在顯示器中顯示出

來，轉化得來的電能會供校內新添置的廚餘機使用。學生可透過動能發電單車進行競賽，親身感受到發電時需要消耗大量的體力，從而明白電力的產生需要耗用大量能源。

我校會不定期開放校園進行環保推廣活動，本計劃會開放「方少青蔥生態園」的綠化區域及各項增添的環保設施給區內的學校及居民參觀，他們更可親身體驗動能發電單車等裝置，讓更多人明白綠色低碳生活的重要性。

此外，本校為配合特區政府推動本地可再生能源發展，安裝了30塊太陽光伏板，並組成FWKC圖樣。我們透過此裝置希望可以為可再生能源發展出一分力，亦藉此教導學生環保節能的重要性。

我校於去年更成功獲得「最傑出綠得開心學校2020卓越獎」，對我們來說真是帶來極大的鼓勵。未來的日子，我們會繼續努力，教育學生，讓大家更明白減碳的重要性。

● 保良局方王錦全小學

(港燈「綠得開心計劃」「綠得開心學校」之一，2020年獲選為「最傑出綠得開心學校——卓越獎」) 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，目前已有近五百多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www.hkelectric.com/happygreencampaign。