科學講堂
逢星期三見報

計算得出開氏溫標 2018年以實驗定義

°C°F一邊企 科學家愛用K

前期討論的攝氏及華氏溫標，雖然在日常生活中十分常見，但它們均非國際單位制（SI）的單位。

科學家量度溫度使用開氏，這是7個國際單位制的單位之一，以K表示。與攝氏及華氏不一樣，開氏是一個絕對標度，即它是單向性，有一個絕對而且天然的零度，同時沒有負數。

開氏（William Lord Kelvin，1824—1907）認為，所有物件的粒子會在絕對零度（absolute zero）中停止運動，並計算出絕對零度為攝氏-273.15˚C，一開氏的溫差被定義為一攝氏的溫差，所以要從攝氏度算出開氏，只要把攝氏度加273.15就可以了，即攝氏零度等於273 .15K。

開氏是一個計算得來而非以實驗量度出的溫標，於2018年，科學家決定重新以嚴謹的實驗方式定義開氏。

■水的三相點是指3種形態——固態、液態及氣態共存。 網上圖片

4化學術語與K相關

在定義開氏之前，我們先溫習幾個中學化學課程中常見的術語：

亞佛加德羅常數

亞佛加德羅常數（Avogadro constant，N_A）為一摩爾（1 mole）的物質內有的原子或分子，國際單位際中，這個數被定義為$6.022140857 \times 10^{23}$ mol^{-1}。考試時，我們會取6.02×10^{23}作方便計算之用。

水的三相點

水的三相點（triple point）這個概念有點違背常識，三相點是指一種物質的3種形態：固態、液態及氣態共存，出現這情況的溫度及氣壓分別為0.01˚C及0.00603659大氣壓力（atm）。

摩爾氣體常數

在理想氣體物態方程（Ideal Gas Law）常出現的摩爾氣體常數（Gas Constant，R），中學課本均沒有解釋其出處，我們只是記着它的數值為8.3144598 J mol^{-1} K^{-1}。那麼到底這個數是從何而來的？

2006年，科學家作了一次最精密的量度，他們先量度聲音在氬氣中的速度。為什麼是氬氣？先前的「科學講堂」提過，氬氣為地球上的第三常見氣體，是貴族氣體中最便宜的，而且它是不良傳導體，故適用於這個很易受溫度影響的實驗中。

聲音在氬氣中的速度在不同的溫度下會改變，溫度愈高，聲音的速度會愈快。所以，科學家在水的三相點（triple point）的溫度量度聲音在氬氣中的速度。

及後，科學家改變實驗中的氬氣的壓力，試圖推算出在當壓力為零時，聲音在氬氣中的速度如何。

最後，他們以這數據，找出在實驗中的常數：即每一摩爾的物質中，每上升一度所需能量，這就是摩爾氣體常數。

波茲曼常數

摩爾氣體常數為每一摩爾的物質中，每上升一度所需要的能量。而波茲曼常數（Boltzmann constant，k_B或k）是每一粒粒子上升一度所需要的溫度，所以把摩爾氣體常數除以亞佛加德羅常數就可知道波茲曼常數。科學家把波茲曼常數的數值定義為$1.3806505 \times 10^{-23}$ J K^{-1}。

2018年，科學家就以波茲曼常數再加以嚴謹的實驗來重新定義開氏，這個定義讓其他的SI單位更穩定。而實際上，這個新的定義與舊定義的數值一樣，即水仍在攝氏零度結冰。下期「科學講堂」將探討國際單位制中的光度。

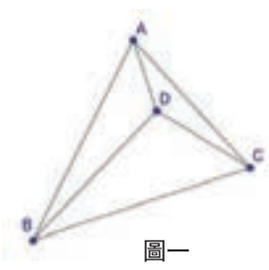
■吳俊熙博士

作者簡介：畢業於加州大學洛杉磯分校（UCLA），曾任教於加州的州立大學及香港大學，現於洛杉磯Pierce College化學系任助理教授。

奧數揭秘
逢星期三見報

穀米存倉用幾何

吃飯時，想起食用的米，都是由農田裡長出來的，收成的時候，大概都要運到貨倉，然後一次過搬運到別處包裝販賣。當中有個運輸的問題，就是在不同的農田，集中到同一個貨倉的時候，那個貨倉要在什麼位置才會使到各處與貨倉的總距離最小。



圖一

若是那地方農田很多，問題倒是挺複雜的，為了簡單一點去理解，先考慮只有3塊農田的情況。

問題若是用圖像表示，就是如圖一所述，△ABC裡，有點D，要使得總距離DA+DB+DC最小，D應該在什麼地方。

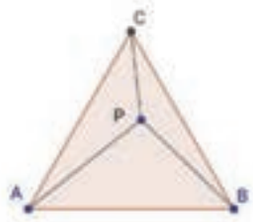
這是一個已曾經被思考過的問題，D點就是在那個使得∠ADC、∠BDC和∠BDA都是120°的地方。那點稱為費馬點（Fermat Point）。

關於證明方面，若是比較普遍地說明，會過於數學化，有點難讀，篇幅也太長，以下就着一道幾何不等式的問題，作為一個特殊例子，帶出基本的思路。

有心詳細了解的讀者，可在網上找找「費馬點」的相關條目，定會得到更仔細的資料。

問題

P為邊長為1的等邊三角形ABC內的一點，設L=PA+PB+PC，求證L>1.5。

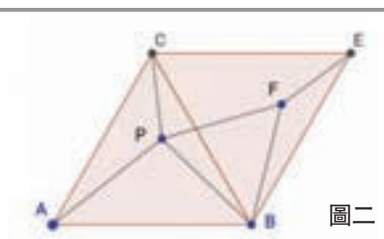


答案

證明的方法，是在BC以外作另一等邊三角形BCE，邊長同為1，如圖二。另外把P點以B點為中心，順時針旋轉60°，得點F。於是BP=BF，而∠PBF=60°，因此△PBF為等邊三角形，得PF=PB。

由BC=BE，∠CBP=60°-∠FBC=∠EBF及PB=FB，得△CPB≌△EFB，從而PC=FE。

綜合以上所述，L=PA+PB+PC=AP+PF+FE。這是一條折線，若是有特殊的P使得點A、P、F和E成一直線，該L的長度即為最短。這是可能的，只需要取∠APB=120°及∠BPC=120°=∠EFB，即得APFE 4點連成一線，得L≥AE=$\sqrt{3}$>1.5。



圖二

幾何變換開拓不等式思路

以上解題中，用到了旋轉的幾何變換技巧，從而令到題目中的不等式，有簡單的處理方法。

幾何不等式在奧數的課題中，是比較難的，在課程內的數學，差不多是見不到的。以上示範了如何用折線最短距離為直線的思路，去證明一道幾何不等式。

課程內的數學，處理幾何時多數都是等式，幾何不等式探索的則是各邊長度或面積相關代數式的大小關係。這比處理等式是難多了，因為一進入不等式的範疇，就有不少估算的技巧。簡化的方式，亦不止是等式裡的代數恒等變換。單是剛剛的問題裡，關鍵雖然只是作一次幾何變換，但想不出的話就很難用什麼既定的方法去做，比如嘗試用坐標幾何去處理，即使勉強做到，也繁複得很。

三角形的費馬點，在幾何極值問題上，是一個著名的問題。幾何裡著名的不等式是很多的，即使是初等的或是奧數程度的，都已經有不少漂亮的結果。

通過學習幾何不等式，可以開啟同學在處理幾何問題時，關於長度面積之類的大小比較的思路，加深對圖形的了解，從而可以多些角度去偵測錯誤，加強準確度和洞察力。這就是學習幾何不等式的其中一個意義。

■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。

香港數學奧林匹克學校 Hong Kong Mathematical Olympiad School

科技暢想
逢星期三見報

2016全球科技大突破

過去的一年是科學界忙碌的一年，有不少的研究進展和新發現：

一，蛋白質是自然界最強大的分子，現在化學家已經學會設計一種不存在自然界裡的新蛋白質。

AI嶄露頭角 人類祖先揭曉

二，圍棋是其中一個最講求運算能力的遊戲。10年前，很多專家認為，電腦永遠不能打敗世界上最出色的人類棋手，但去年，電腦程式AlphaGo擊敗了世界冠軍圍棋棋手，對不少AI、圍棋專家和大眾造成了很大的衝擊。

三，科學家嘗試把老鼠的幹細胞轉化成胎兒卵，並培植出健康的幼鼠。假如這種技術能夠運用在人類，將來或可在生育治療方面帶來重大的變革。

四，科學家發現了一顆與地球體積相若的星體，表面或有液態水。

五，科學家長久以來都在爭論人類的祖先在何時及如何遷離非洲。去年，分別有3隊科學家仔細研究世界各地人類的基因組，他們發表了3份研究報告，基本上一致同意，今天大多數生活在非洲以外的人類祖先，都是以一個巨型而單一的移民潮遷離非洲。

便攜DNA測序儀面世

六，便攜式DNA測序儀可透過微細的孔讀取DNA分子，它可快速檢測病原菌DNA的序列，也可以運用在太空研究。

■金屬製的鏡頭面世，將徹底改變虛擬實境（VR）顯示器。 資料圖片

七，金屬製的鏡頭面世，它不但能做到傳統玻璃鏡頭的功能，而且比一張紙更薄，比玻璃更輕，徹底改變顯微鏡、虛擬實境（VR）顯示器、甚至是相機。

八，在幾項研究中，研究者表示清除破舊的細胞能令老鼠減少染上疾病和減慢衰老，更能延長20%的壽命。

■香港新興科技教育協會 洪文正

簡介：本會培育科普人才，提高各界對科技創意應用的認識，為香港青年人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。

HKNETEA 香港新興科技教育協會

有問有答
隔星期三見報

人類基因組計劃譜治病「大綱」

人類基因組計劃是全面測定人類基因組中鹼基對排列順序的計劃。

1986年3月7日，諾貝爾獎獲得者、美國生物學家雷納托．杜爾貝科在《科學》雜誌上發表了題為《癌症研究的轉折點——人類基因組全序列分析》的文章。

在文中，他回顧了20世紀70年代以來，癌症研究的進展，使人們認識到包括癌症在內的人類疾病的發生，都與基因直接或間接有關。從那時起，生物學家已能從生物的基因組中分離出DNA片段，並能分析DNA片段中的鹼基對排列順序。

諾獎得主籲勿「零敲碎打」研究

他在文中指出，人類對疾病的研究有兩種選擇：要麼各自獨立尋找自己感興趣的基因，或者說「零敲碎打」地研究；要麼大家齊心協力，從整體上研究和分析人類的整個基因組，並測定基因組中鹼基對的排列順序。杜爾貝科更贊成要投入大量的財力、人力，全面實行計劃。

杜爾貝科的文章發表以後，許多科學家認為他提出了一個大膽而又富有吸引力的計劃，但也有人擔憂，以當時的技術水平難以實現，而計劃的實施必將消耗大量的財力、人力，將會影響到整個生命科學的研究水平。

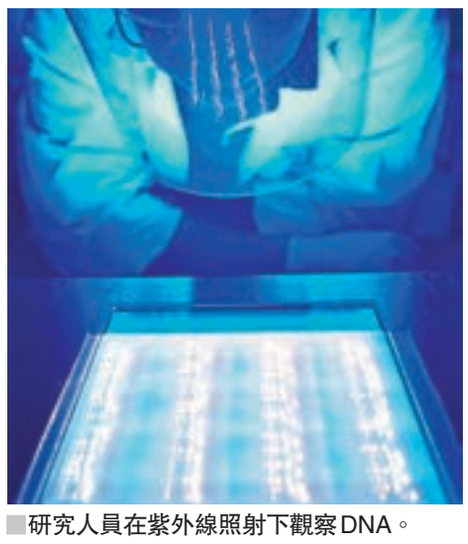
爭議持續了5年左右，美國國會終於正式批准美國的「人類基因組計劃」於1990年10月1日啟動，總體計劃為15年，至少投資30億美元資助該項目計劃的實施。

世界協作製「工作框架圖」

除了美國，杜爾貝科的文章在全世界也引起了極大的反響，多個國家積極投入到這項計劃中。這一項目共有美國、英國、法國、德國、日本和中國相繼參與其中。

世界各國科學家經過共同努力，通過繪製「遺傳圖」、「物理圖」、「轉錄圖」等途徑，終於在2000年6月26日，繪製出了人類基因組「工作框架圖」。這張圖紙相當於人類基因組的草圖，上面畫出了人類24個DNA分子上90%以上核苷酸的排列順序，這是人類基因組計劃實施中取得的一個里程碑式的成果。

當時的美國總統克林頓在白宮表示，2000年6月26日將是「流芳百世的一天」。到2003年4月15日，國際人類基因組合作組織正式宣佈，人類基因組計劃全部完成。



■研究人員在紫外線照射下觀察DNA。 作者供圖

《十萬個為甚麼（新視野版）生命II》
■資料來源：香港教育圖書公司