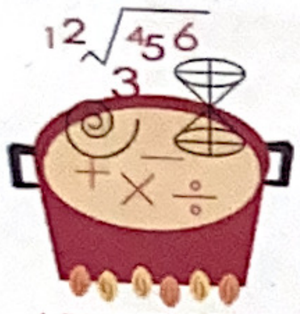


補腦算算鍋

地球有多大

不用精密儀器 古人觀日照就知道

文／洪介興

問題1 太陽直射是什麼 為何直射比較暖

科學常識豐富的讀者們一定聽過夏季太陽直射北半球、冬季太陽直射南半球，因此北半球是夏季溫暖而冬季寒冷的這種說法 。

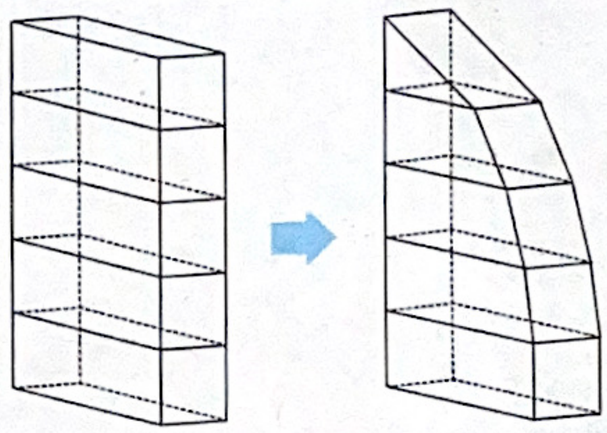
然而你是否想過什麼叫做「太陽直射」？為什麼夏季、冬季太陽直射的位置不同？又為什麼太陽直射會比較溫暖呢？

如圖一所示，有5根截面大小相同的方柱，將其中的4根柱子斜切，這時你會看到，切得越斜，則切出的截面越大；也就是說圖中越上層的柱子截面積越大。

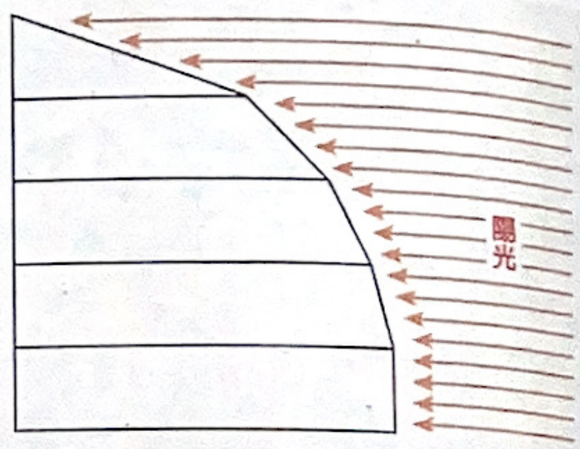
接著把整排柱子的角度調整好，讓陽光從正右方照過來（如圖二），你會看到每一層都得到一樣多的陽光，但因為下層柱子的截面積較小，所以陽光會集中在比較小的面積範圍內；而上層柱子的截面積較大，所以陽光會分散在比較大的面積範圍。

綜合以上可知，若受到陽光照射的截面，跟陽光前進的方向越接近垂直（也就是垂直照射），則接收到的陽光就會越密集。所謂的「太陽直射」指的就是這樣的情形，受太陽直射處所接收到的陽光比較密集，因此較為溫暖，只有低緯度地區會受到太陽直射，高緯度地區接收到的陽光則比較稀疏，因此較為寒冷。

圖一



圖二



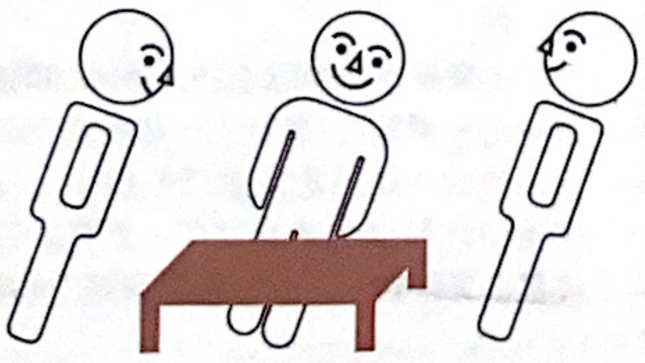
問題2 不同的季節 直射位置為何不同

解決完一部分的疑惑，下一個問題是，為什麼在不同的季節，太陽直射的位置也會有所不同呢？這是由於地軸傾斜，加上地球繞著太陽公轉之故。

在分析地球的情形前，讓我們先看以下這個狀況：圖三中有3個人分別站在桌子的左、右及後方，且皆面向桌子，特別的是，這3個人都是全身直挺挺地，且上半身往右方傾斜。

於是，桌子左邊的人臉會朝下，變成是額頭朝向他的正前方；而桌子右邊的人臉會朝上，變成是下巴朝向他的正前方；至於桌子後方的人，雖然他的臉歪了一邊，但沒有朝上、也沒有朝下， 仍舊是鼻子朝向正前方。

圖三

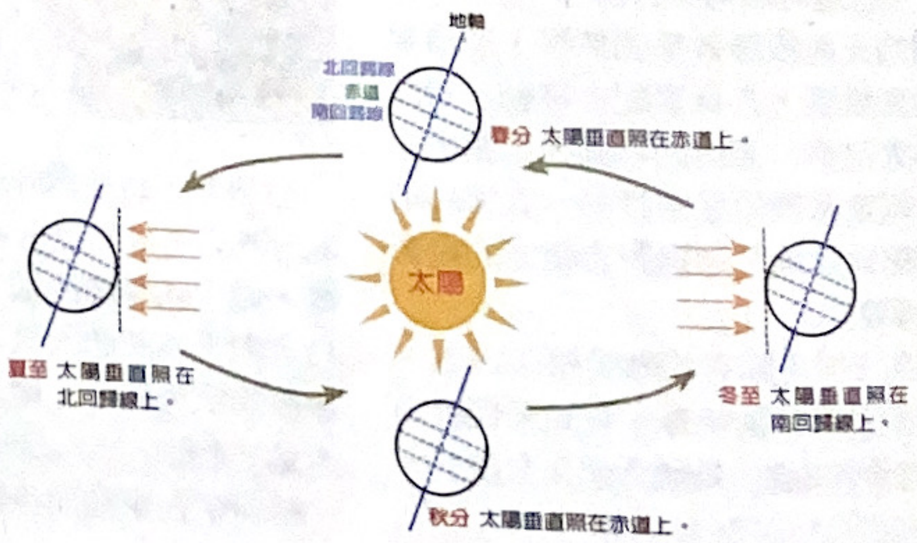


看解答 地軸傾斜的關係 直射位置會遊走

圖四是地球繞行太陽運轉的示意圖，由於地軸傾斜的關係，當地球運行到左邊時，會是北半球正對著太陽，特別是在夏至這天，太陽會垂直照射在北回歸線上；而當地球運行到右邊時，會是南半球正對著太陽，特別是在冬至這天，太陽會垂直照射在南回歸線上 。

除了夏至和冬至這兩天以外，太陽會直射在南、北兩條回歸線之間，越接近夏至時，太陽直射處越接近北回歸線；越接近冬至時，太陽直射處則越接近南回歸線。而當地球運行到春分及秋分的位置，也就是圖中的正前方和正後方，此時太陽直射處正好不南也不北，陽光會直射在赤道上。這就和圖三中央的人雖然斜了一邊，卻依舊是鼻子朝向正前方是相同的道理 。

圖四



問題3

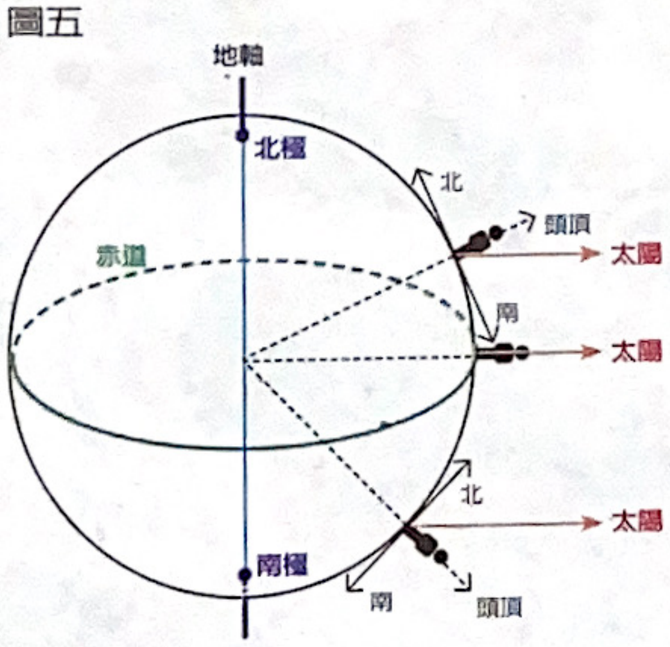
日正當中之時 太陽在哪個方位

大家都知道太陽從東邊升起、西邊落下，那麼你知道在正中午、日正當中之時，太陽是在什麼方位嗎？是偏南邊、偏北邊、還是在頭頂正上方呢？

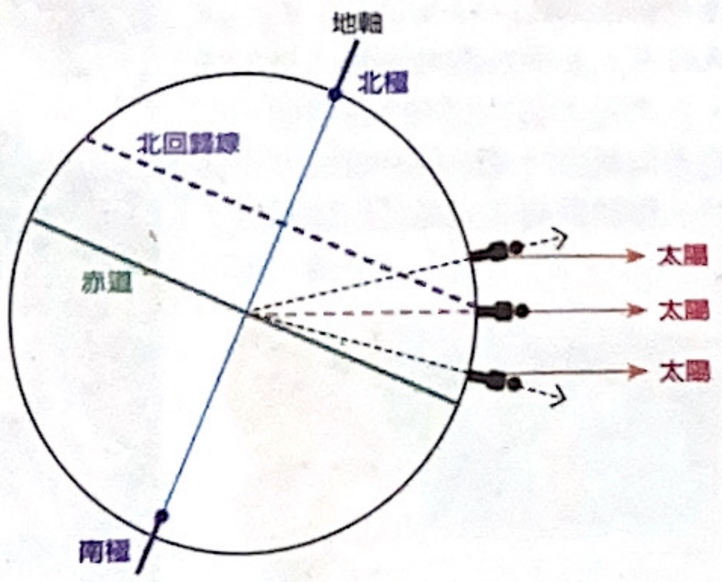
事實上，這個問題和前一段陽光直射的探討極有關聯，接著用圖五、圖六說明。其中太陽的位置都設定在正右方，圖五顯示秋分的狀況，此時太陽垂直照射在赤道上，因此對於赤道上的人而言，日正當中時太陽會在正上方。但對於北半球的人而言，正午時太陽不是在正上方，而是偏向南方；而對於南半球而言，正午時太陽則是偏向北方。此外，不論是在北半球還是南半球，緯度越高，太陽的方向偏離頭頂方向的角度就越大；反之，緯度越低，太陽方向和頭頂方向的夾角就越小。

圖六顯示夏至的狀況，此時太陽垂直照射在北回歸線上，因此對於北回歸線上的人而言，日正當中時太陽會在正上方；對於更北邊的人而言，正午時太陽偏向南方；而對於北回歸線南邊的人而言，正午時太陽則偏向北方。以台灣為例，夏至的正午之時，北部的陽光會稍微偏南，南部的陽光卻會是稍微偏北，而在北回歸線通過的嘉義、瑞穗等地，陽光則來自正上方。

圖五



圖六



告訴你

利用照射角度 能算地球周長

「人們都以為地球是平的，只有哥倫布堅信地球是圓的，在一片不看好下向西邊持續地航行，終於發現新大陸，顛覆了人類的地理知識。」你是否曾聽過這段故事？

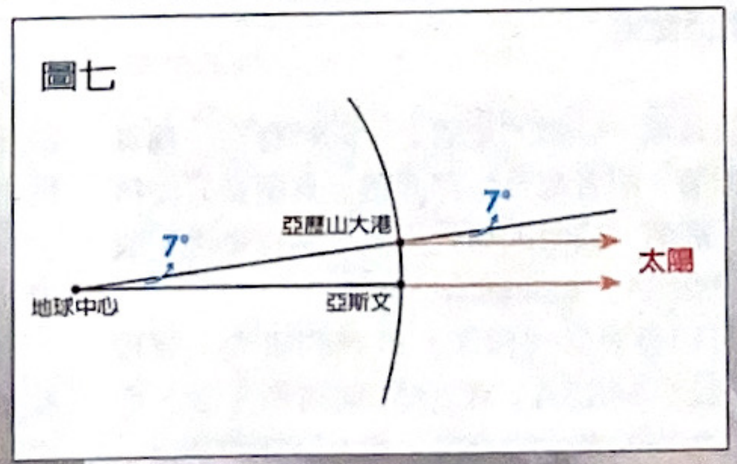
事實上，以上的故事完全不符合歷史，因為對於當時（15世紀）西方的知識份子而言，地球是圓的，這是再基本不過的常識。

哥倫布找不到贊助者並非因為大家以為地球是平的，而是由於哥倫布大幅低估地球的周長，向西航行到印度的計畫過於樂觀之故。也就是說，當時雖然沒有人繞行過地球，但對地球的大小卻有相當程度的認知 。

其實早在西元前500多年，古希臘的畢達哥拉斯就堅信地球是圓的（你想的沒錯，就是證明畢氏定理的那位數學家）。時常在愛琴海邊和門徒一起研究學問的他，發現從遠方而來的船隻，總是會先露出上方的桅杆，等到更接近時才看到船身，顯示出遠方的地表應該是下彎的。而在西元前200多年，另一位古希臘數學家埃拉托賽尼甚至估計出了地球的周長，且與現今所知的數據相去不遠。（如果你又覺得這個名字很眼熟，是因為他就是數學課本中介紹過，提出質數篩檢法的那位數學家。）

你一定很好奇埃拉托賽尼是怎麼量出地球周長的吧？原來他知道每年夏至的正午時分，陽光會直射埃及南部的城市亞斯文，而埃拉托賽尼所處的亞歷山大港，大約是在亞斯文的正北方。於是他在夏至的正午時分測量陽光照射的角度，測得陽光是從正上方偏南7度而來，這表示亞斯文到亞歷山大港的距離是地球周長的360分之7（如圖七）。因此埃拉托賽尼只要從商隊問得兩個城市之間的距離，就可以推算出地球周長了！

圖七



更厲害

善用數學性質 太陽大小也能算

光是測量地球大小當然無法滿足科學家們的野心！另一位西元前200多年的古希臘數學家阿里斯塔克斯，甚至透過觀測月食時月球經過地球陰影的時間以及月亮呈現半月時的日月角度，再利用扇形和直角三角形的數學性質，將月球大小、月球到地球的距離、太陽大小、以及太陽到地球的距離，全都一併計算出來了！

雖然礙於古代的測量技術不夠精良，以及光學知識未臻成熟，阿里斯塔克斯的計算結果和實際的數值有相當大的落差，然而他計算出太陽遠比地球還大，這仍然是非常重要的成果。也因為有這個研究結果，他認為應該不是太陽繞地球，而是體積較小的地球繞體積較大的太陽較為合理。阿里斯塔克斯是歷史上最早提出日心說的學者之一，比哥白尼還早了1700多年 。

這些古代的數學家，沒有任何高科技的輔助，只憑藉著非凡的想像力和思考力，竟然能做到測量地球、甚至於其他星體。這種以渺小人力挑戰天地、探究宇宙真理的氣魄和傻勁，是不是非常令人佩服、非常浪漫呢？

●作者為教育部適性教學計畫「數學建築活動」教案設計人，任教北市石牌國中