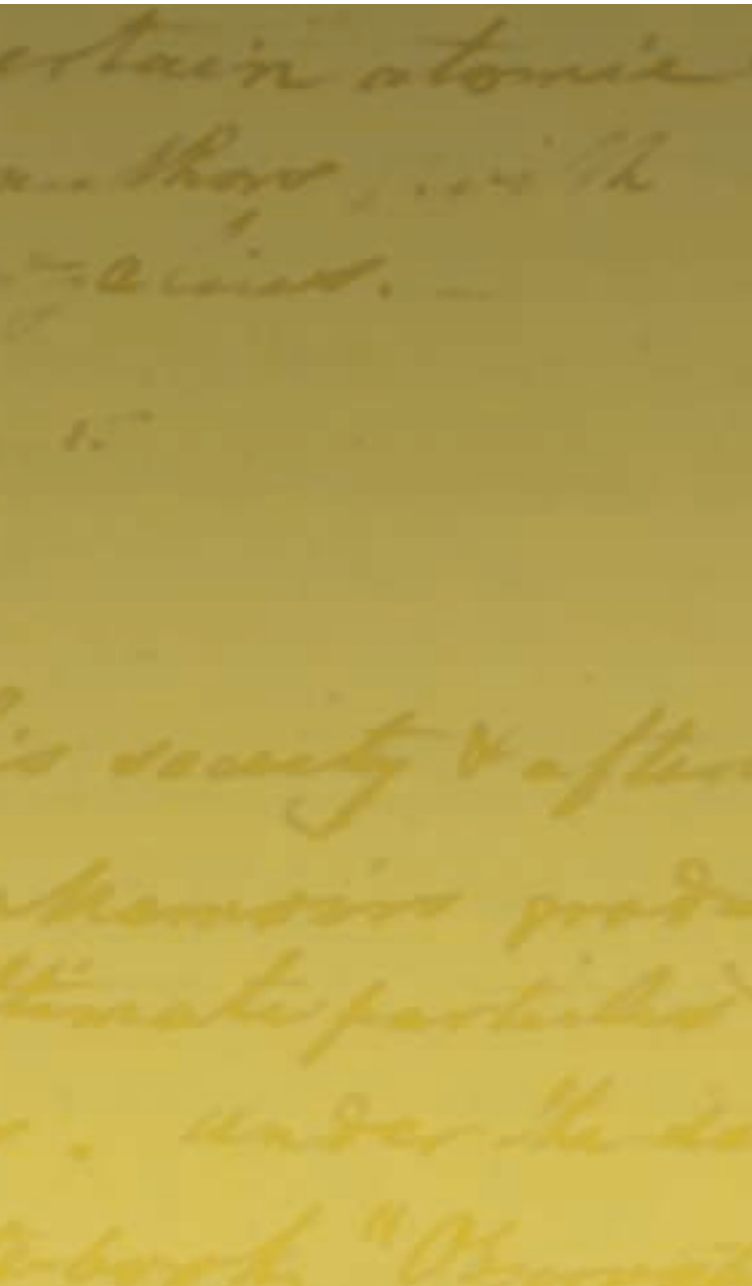


# 道爾頓與化學原子論

「化學原子論」是近代化學理論發展的基石之一，道爾頓是這個理論的提出者。

道爾頓的名字，如今留在普世的化學課本上，  
但很少人知道，他是個中學老師，業餘的化學家，天生患有色盲與癩癩症，終生未娶。

張文亮



### 窮鄉僻壤的小學

道爾頓 (John Dalton, 1766-1844) 生於英格蘭北部肯伯蘭 (Cumberland) 郡的「鷹之曠野」(Eaglefield), 這是位於鵬寧山脈西部, 非常偏僻的小村莊。村裡的居民, 靠著來自愛爾蘭海的季風, 所夾帶來的一些雨水, 在山邊狹窄的土地上, 墾地種植大麥與棉花。道爾頓的父親是當地的佃農, 到了道爾頓唸小學的時候, 才有經濟能力承購耕種的土地。道爾頓的家境雖然貧窮, 父母親卻像鵬寧山脈般的堅毅, 耐得住

長年貧窮的侵襲。

1778年, 道爾頓自小學畢業。村民實在太窮了, 無法支付學校的開銷費用, 畢業典禮成為學校的關閉日, 校長與老師都離職了。為了照顧學弟妹, 道爾頓只好留下來當校長、老師兼工友。道爾頓後來寫道: 「我開始根本不知道怎麼教書, 我的父母與村裡的人湊了筆錢, 到曼徹斯特買回一些書籍, 每次上課我就逐字唸給學弟妹聽。」每天一早, 道爾頓就到學校敲鐘, 提醒學生上課; 放學後, 他清理完教室環境才離去。回家後, 又要準備日後需朗讀的教材。用這種克難的方式, 道爾頓維持這所小學繼續運作了三年, 直到1781年, 道爾頓的哥哥自坎德爾寄宿學校 (Kendal Boarding School) 畢業回來當老師, 道爾頓才卸下教學的責任, 前往60公里外的坎德爾寄宿學校就讀。

### 不要壓扁葫蘆殼

坎德爾寄宿學校是當時英格蘭北部最好的一所中學。這所中學有間藏書豐富的圖書館, 典藏科學家牛頓的原作《原理》(*Principia*), 與仿製牛頓與波義耳的實驗科學儀器。道爾頓在中學時閱讀過牛頓與波義耳的原著, 並且看過他們的實驗設備, 奠定了他在22年後發表「化學原子論」(Chemical Atomic Theory) 的基石。

這所學校開授的課程具有高度的彈性, 學校經常邀請傑出的大學教授到學校開授短期課程。坎德爾城位於倫敦與愛丁堡的必經道路上, 學校極力挽留路過的學者到校短期任教。這些課程開拓了學生的眼光, 啟發學生對科學的學習興趣。

這所學校最大的特點, 就是師資非常優秀。其中有位是影響道爾頓一生的果夫 (John Gough) 老師。果夫是位盲人, 但是「憑著觸覺與嗅覺, 他能知道學校30公里內的每一棵植物與花朵」, 道爾頓在1783年寫道。他又說道: 「果夫是最接近完美的老師, 熟悉拉丁文、希臘文, 又能講標準的法語。在他的教導之下, 我獲益良多。他也通曉數學、天文、化學與醫學等, 他的心中彷彿有個知識的寶藏。而且他對學生很

好，每位學生彷彿都是他熟悉已久的朋友，就在這種友誼式的互動裡，帶領我們學習數學與哲學。」

## 影響道爾頓一生的老師

果夫不僅是位博學的老師，也是個優秀的科學家，在科學史上，他是第一個以一條橡皮筋的受熱變形實驗，提出「熱力學」的人。果夫在兩歲時因病失明，卻努力向上，後來不僅畢業於劍橋大學，而且多次獲得數學競賽的首獎。

道爾頓在求學時代，整理出許多果夫老師的教學內容。道爾頓寫道：

「果夫老師給我們的每一道習題，都是他與學生的『競賽』。他給我們一個曬乾的胡瓜，比誰能不壓破胡瓜、而把它放入一個小盒子裡。」「果夫給每個學生一支水銀氣壓計，讓我們在不同氣候下觀測、記錄，之後再討論大家觀測的結果。」「果夫與我們討論一幅古典藝術作品，他講解那幅作品後，問了兩個問題：『這幅作品是那位畫家的生命表現，還是畫給後人模仿



近代化學的奠基者之一道爾頓。

的？如果要模仿他，是模仿他的生命揮灑，還是模仿他的工筆畫風？哪一種模仿比較正確？」「下雨的時期，果夫給每個學生一支量筒，挑戰我們，誰能在一場雨中量到最大的雨量？是在上風處還是下風處？是在高處還是在低處？果夫先生總是贏。」

從果夫的教學內容看來，道爾頓是由研究大氣的變化，漸漸進入學術的領域。只是沒想到，一個失明的中學老師，帶學生所做的大氣量測，竟會促使其中的一位學生，破解了人類千年的原子探索之謎。果夫老師把中學教育的科學啟蒙，帶到登峰造極的境界。

## 一夜無眠待雨停

1785年，道爾頓中學畢業。果夫要他繼續留校任教，擔任機械、光學、氣象學與天文學四門課的老師，並且負責維護實驗的儀器。道爾頓寫道：「當我想到能讓氣象觀測更準確，別人將因著我的努力而獲得一點點的好處，就感到很興奮。」他又說：「夜裡十點下了一場大雨，我在屋裡等到雨停後，立刻衝出去，測量降雨的水深，以避免雨後水分蒸發的損失。」在另一次的觀測中，道爾頓寫道：「這一場雨，從夜裡九點一直下到隔日清晨六點。為了精準地量測降雨量，

我終夜未眠，雨聲陪伴我度過漫漫長夜。」

在坎德爾寄宿學校任教的期間，道爾頓每星期兩次繼續與果夫老師討論實驗、研究與教學心得。兩人除了討論科學研究的內容，也探討科學研究背後的動機。果夫老師這時回答了道爾頓最想問的一個問題：「是什麼樣的動機，支持一個失明的人，讓他長期地克服身體障礙，去研究自然科學？並且讓一個這麼博學的人，長期委身在一

所中學裡，只為了深入地教導幾個學生？」道爾頓後來寫道：「科學研究的最深動機，在於喜愛真理。」就是真理，使果夫老師的生命具有一種磁鐵般的特性，吸引周遭向上的學生。果夫老師是位虔誠的基督徒，這也深深地影響了道爾頓。

## 關門之後有春天

道爾頓雖然喜歡教育，但有些人卻認為他是在浪費時間。1790年，道爾頓的三位長輩聯名寫信給他，把他罵了一頓：「一個期待做大事的人，不應該留在學校

Thackray, A., 1972. John Dalton, Harvard University Press, U.S.A.

當老師，應該去唸法律系或醫學系，才能獲得更多的薪水。」道爾頓只好去申請愛丁堡大學法律系，可惜他被法律系拒絕；他再申請醫學系，又被拒絕，理由是：「這些科系，不適合給你這種出身的人來唸。」

道爾頓只好繼續留在坎德爾寄宿學校教書。17年以後，愛丁堡大學邀請道爾頓到校演講，道爾頓欣然前往，他在演講中沒有提到被該校拒絕的不滿，他演講道：「科學的領域如此浩瀚，即使窮畢生之力，也無法耕耘每一個領域。過去數年，我只專注在熱、液體體積變化，與物質基本粒子的思考。由實驗中，我觀察到一些現象，並將實驗結果，用幾條簡單的法則去表達，使人更了解基本粒子的本質，這些法則也許會給化學帶來一個根本性的改變。這些原則是如此的單純、簡單，稍具思考能力的人都會懂得。」幸好，當年道爾頓沒有進入法律系或醫學系，否則他可能沒有機會去探討基本粒子了。

### 不在乎錢賺多少的人

1792年，道爾頓前往倫敦，參加倫敦教會舉辦的聯合聚會，遇見一個以前的同學羅賓遜 (Elihu Robinson)，他告訴道爾頓，曼徹斯特有一所很小的學校「新大學」(New College, 又名Manchester Academy曼徹斯特學院) 有一個數學教職的缺。道爾頓前往應徵，竟獲聘用。這所學校當時只有80個學生。道爾頓一星期要上21堂課，他起初雖以數學教師獲聘，但任教時除了數學之外，還要教化學，而且他的年薪是該校三個教師中最低的，只有102英鎊。八年後，道爾頓在這所學校已經成為最資深的教師，但薪水還是最低。

不過道爾頓似乎只要有書可以讀，有學生可以教，有實驗可以做，就很滿足了。他寫道：「我的頭腦裡放滿了三角幾何、化學反應、電學實驗，以致沒有空間去考慮其他的問題，也不太有時間想結婚的事。」

1793年，道爾頓認識了另一個愛好化學的同伴亨利 (Thomas Henry, 1775-1836)，亨利介紹他加入「曼徹斯特文學與哲學學會」(Manchester Literary and Philosophical Society)。這個學會成立於1781年，每周

定期討論科學的研究，學會擁有一個藏書豐富的圖書館，與一間設備充足的實驗室。道爾頓好像一隻河馬，在這裡找到最適合他的水窪。一年後，他被選為正式會員。

### 色盲沒有影響他一流的觀察力

1794年11月，道爾頓發表他的第一篇研究論文「觀察研究視覺色差的特殊真相 (Extraordinary facts relating to the vision of colors with observation)」。這是科學史上第一篇有關「色盲」的研究，後來醫學界為了感謝道爾頓的貢獻，把「色盲患者」稱為「道爾頓氏人」(Daltonian)。

道爾頓本身就是個色盲患者，他在新大學教書時，才發現他對顏色的判斷有問題。他開始有系統地調查，發現有些人無法分辨紅色與紫色的不同。道爾頓認為這是醫學上仍然未知的人體缺陷「色盲」。他進而研究色盲產生的原因提出：「色盲的成因，是眼睛中的水液無法吸收紅色光所致。」

### 腳踏實地所做的是最好的推薦

道爾頓沒有受過大學教育，卻能成為大學級的老師，其中有個關鍵，就是果夫老師將道爾頓過去所做的氣象觀測，與所得的結論交給學校，這成為道爾頓最有力的推薦。1793年果夫老師替道爾頓將這份報告出版成書《氣象的觀測與論說》(Meteorological Observations and Essays)。



道爾頓擔任曼徹斯特文學與哲學會的會員證書。

Thackray, A., 1972. John Dalton, Harvard University Press, U.S.A.

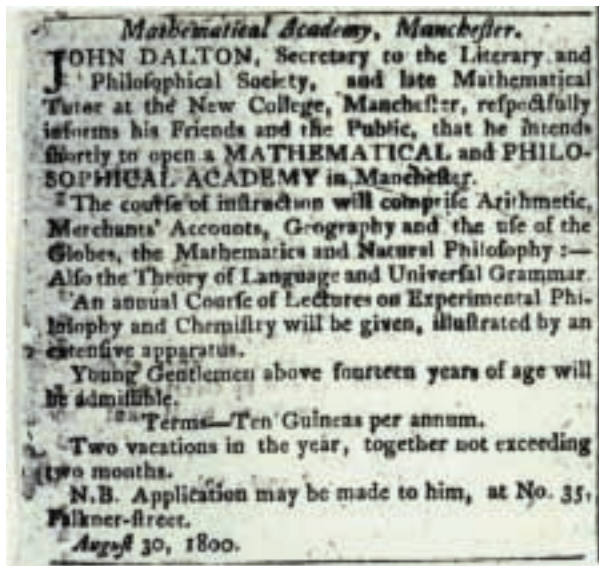
## 研究空氣不再是一件虛無飄渺的事

這本書是物理學的經典之一，因為物理學裡的「飽和蒸氣壓」與「分壓定律」就是源自此書。書中的論點都是道爾頓長期的實驗觀測所得，例如他在書中寫道：「根據實驗觀測結果，我發現水分的蒸發和凝結與化學作用無關，而是水蒸氣在液面與空氣中的擴散作用。「我發現在一樣的溫度下，乾空氣所含的最大蒸氣量是固定的，我稱之為飽和蒸氣壓，在飽和蒸氣壓下，空氣就不會有吸收水分的現象。」，「不同的氣體互相混合時，各組成的氣體依然是獨立的各自運動，所以混合氣體的總壓力，為各氣體分壓之總和。」很少人知道這個著名的定律，竟是一個中學老師在27歲時所提出的。

道爾頓對空氣中的水蒸氣很感興趣。1799年，他又發表三篇研究報告，一篇用數學計算蒸發量，證明蒸發量是水文循環的一個重要成分。第二篇提出空氣中水蒸氣開始凝結成露珠的溫度「露點」，這種水分物理「相」的變化是「熱」的變化所致，道爾頓也是歷史上第一個提出露點與其機制的人。第三篇是以更多的實驗結果，證實第二篇的論點。

## 沈重的打擊

1800年，道爾頓接到學校的通知，他被「解聘」



道爾頓在曼徹斯特登的招生廣告。

了，理由是他的信仰太虔誠，不適合擔任數學與化學的教育工作。他在學校裡常被同事謔稱為「噢，那個基督徒！」。但是道爾頓深受學生的歡迎，他在學校外租了一間房子，學生們課餘常常到那兒討論功課。喜愛教育的道爾頓，竟遭學校解聘，是一個很大的打擊。雖然有一扇門向他關閉，卻有另一道門會向他打開的。

## 獨特的學校

1800年9月2日，有一則廣告登在《曼徹斯特日報》(Manchester Mercury)：

約翰·道爾頓，文學與哲學會秘書，曾任曼徹斯特新大學的數學教師謹告諸友與大眾，他將於近期在曼徹斯特開設「數學與哲學學院」授課內容包括算術、機械演算、地理與環境、數學與自然哲學、語源學與文法，同時給與許多哲學的討論與化學實驗的示範，歡迎任何超過14歲的年輕紳士。費用：一年十英鎊。每年有寒暑假，合起來不超過二個月，有意者請寄申請函至弗克那街35號

當年道爾頓收到八名學生，生活費有了著落，他又像少年時期一樣，一人兼校長、老師與工友，並兼了44年之久。

## 亨利常數的由來

道爾頓在1793年發表「分壓定律」後，受到科學界不少的質疑，「氣體是物質，物質若不是互相吸引，就會互相排斥。不同的氣體混合後，怎麼可能還會完全的獨立呢？」。道爾頓知道平息科學界質疑的最佳方法，是在實驗室從事更多更精確的實驗。以當時的化學分析技術，要將氣體純化，是非常不容易的，為了減少實驗誤差，他在課餘，花更多的時間在實驗室裡。

Thackray, A., 1972. John Dalton, Harvard University Press, U.S.A.

1802年11月12日，道爾頓發表「溶液對氣體的化學與機械吸收」(Chemical and mechanical absorption of gases by liquids)，他寫道：「在水中加入石灰會使水面上的空氣有碳酸存在。將含碳酸的空氣移到純水的上面，空氣中部分的碳酸就會逐漸溶入水中裡，末了，空氣中仍有少量的碳酸氣體存在。我在實驗中發現，溶入純水中碳酸氣體量與碳酸氣體的分壓成正比。有四個月之久，反覆地進行這個實驗，仍然發現水中吸收的氣體量與空氣中所含的氣體量，存在一個固定的『比例』。」

此後，他的好友亨利繼續重覆此一實驗，於同年12月8日，再發表：「在恆溫之下，水吸收氣體的量與氣體分壓成正比。」這就是氣體溶解在水中的重要理論「亨利定律」(Henry's Law)。正比的比值稱為「亨利常數」(Henry's constant)，其實這個定律應該稱為「道爾頓-亨利定律」。

## 化學原子論的提出

1803年5月，歐洲發生了一件大事，法國的拿破崙向英國、俄國、奧地利與瑞典宣戰。一夕之間，歐洲大陸瀰漫著山雨欲來風滿樓的緊張氣氛，列強大戰成為世人矚目的焦點。可是沒有人在乎，在曼徹斯特的一角，有個科學家在實驗札記上寫道：「從去年的聖誕節開始，直至今年的1月、2月、3月，我都在思考一個問題，既然氣體溶入液體是一種物理作用，那為什麼不同的氣體，在水中有不同的溶解量呢？我不斷地研究不同的氣體在水中的溶解實驗。」同年10月21日，道爾頓才在《尼克森雜誌》(Nicholson's Journal)第六卷，發表短短三頁不到的「曼徹斯特備忘錄」(Manchester Memoir)。

道爾頓寫到：「為什麼不同氣體在水中有不同的溶解量？我由實驗結果，認為這與氣體最終粒子的重量和數目有關。從不同氣體在水中溶解的比例，可以看出組成這些氣體最終粒子的相對量。」後來，10月21日就稱為「化學原子論的紀念日」。

道爾頓的這一篇有關原子的報告，立刻在當時的科學界掀起熱烈地討論，反對的人認為「無稽之談」，

支持的人則認為「這是最接近探討物質本質的理論」。

## 原子探究史

如果科學史是一首歌，「探究原子」就是歌中一段值得頌詠的讚嘆。在歷史上，最早提出「原子」(atom)這個字，是公元前五世紀的希臘哲學家陸瑟博(Leucippus)。atom是a-tom的合字，在希臘文中表示「一個最小的粒子」。陸瑟博認為「所有的物質分到最後就是原子。」陸瑟博的學生德謨克利特(Democritus, 460-730 B.C.)將「原子」的特性加以延伸，認為「原子是建立在一種看不見的次序上，因為我們所見的世界是這麼有次序。」

## 波義耳定律背後的思考

歷史上第一個以實驗量化原子特性的人，是大科學家波義耳(Robert Boyle, 1627-1691)。他研究空氣時，發現空氣的體積減少，空氣的壓力就會增加。反之，空氣的體積增加，空氣的壓力就會減少。波義耳對此現象的解釋是「空氣由許多的原子組成，這些原子不斷的互相碰撞，就產生空氣的壓力。當空氣的體積減少，原子碰撞機會增加，空氣的壓力就會增加。反之，空氣的體積增加，原子碰撞的機會減少，空氣的壓力就會減少。」空氣的體積與空氣的壓力成反比，這是非常有名的「波義耳定律」(Boyle's Law)，也是第一個量化原子特性的公式。今日，波義耳定律留在普世的物理與化學課本中，大部分的學生用它來計算空氣壓力與體積的關係，可惜他們未必學到，在這個簡單的定律背後，有個偉大的思考。

## 牛頓對於原子的論點

17世紀另一位大科學家牛頓(Isaac Newton, 1643-1727)也用原子的觀念來解釋光的本質，不過略為不同的是，牛頓認為光的基本組成是「光子」(photon)，光的前進就是光子的前進。希臘哲學家認為原子是永存的，無法被改變或毀滅。牛頓卻認為原子並非永存，不是無法被改變的，他以《聖經》創世記第一章去解釋原子的特性：「起初上帝創造天地」代表上帝

創造了物質的本質原子。「地是空虛混沌、淵面黑暗」，牛頓認為，物質的基本組成原子有實體，也有空虛的空間，而且原子裡面的結構是混沌，是光不能透進的。

## 拉瓦錫的觀點

法國的大科學家拉瓦錫 (Antoine Laurent Lavoisier, 1743-1794) 以水為他的研究對象。拉瓦錫提出水的特性是最特別的，他考察過去，中世紀有許多化學家嘗試要把一種物質轉換成另一種物質，有不少人想點石成金，但是從來沒有人想點水成金。水只能用來參與其他物質的反應，無法轉換成為其他的物質。拉瓦錫首先提出水是由氧與氫所組成的，而且組成的重量比例固定，為8比1。這是一個重要的發現。

波義耳首先以物理實驗量化原子的碰撞，拉瓦錫則是以化學分析量化不同原子是以一個固定的比例在結合。很可惜，法國大革命時，人民議會認為拉瓦錫的研究是浪費國家公帑，竟下令將法國百年來最好的科學腦袋送上斷頭台。拉瓦錫的死是科學界的損失，但是波義耳、牛頓、拉瓦錫、道爾頓等科學家的一生，卻成為近代物理、化學前進的軌跡。

## 原子量的起源

1804年道爾頓發表《化學哲學的元素》(On the Elements of Chemical Philosophy)，提出原子量的計算，他以氫的原子量為1，以實驗結果計算鹼土金屬的相對原子量。原子量的設定對化學非常重要，從此化學才進入能夠量化的科學。隔年，道爾頓又發表《元素構造與其組成》(The Elements of Bodies and Their

Composition)。

道爾頓在該文中寫道：「起初我想，化合物的形成是一個原子結合另一個原子，但是在實驗中發現一氧化碳是一個碳原子與一個氧原子的結合，二氧化碳是一個碳原子與二個氧原子的結合，乙烯是一個碳原子與一個氫原子的結合，甲烷是一個碳原子與二個氫原子的結合。」這些平鋪直敘的描述，是科學近代的

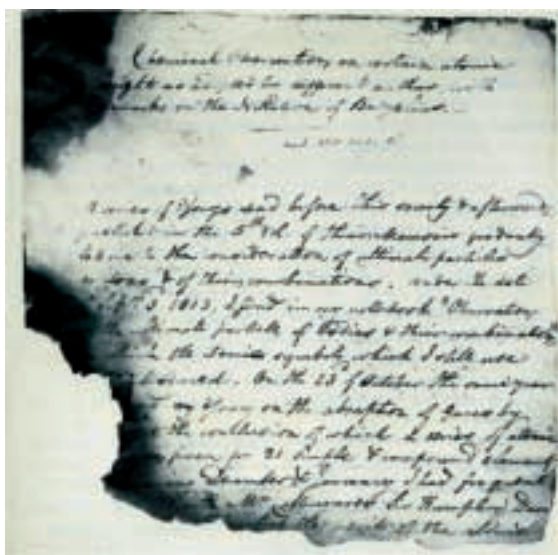
重大發現。道爾頓發現，原子的結合是以整數的倍率在相結合，稱為「倍比定律」。不過道爾頓尚未區分原子與分子，以致將氫氣 ( $H_2$ ) 視為氫 (H)，所以在乙烯與甲烷的氫原子數目有兩倍的誤差。

## 天真人的囔語

1805年，道爾頓發表《混合氣體第二定律》(Second Theory of Mixed Gases)，不同於混合氣

體第一定律「分壓定律」，道爾頓提出「不同氣體在水中有不同的溶解量，是因為不同氣體的原子體積不同，因此進入水原子體積間的量也不同。」道爾頓不僅用原子的碰撞去解釋氣體的溶解量，而且提出不同的原子，其體積也不相同。1808年道爾頓發表《化學系統 (I)》(System of Chemistry (I))，他以氧化氮為實驗氣體。他寫道：「氧化氮是一個氧原子與一個氮原子的結合，氧化二氮是一個氧原子與二個氮原子的結合。氧化二氮的原子量大，其重量也較一氧化氮重物質的特性，由原子的組成所決定。」

道爾頓一系列的論文發表，曾被譏為「天真幻想家的夢囈」，但是也有人支持，如「定性化學之父」戴維 (Humphry Davy, 1778-1829)。同分異構物的發現者貝采利烏斯 (Jons Jacob Berzelius, 1779-1848) 也重覆他的實驗，證明道爾頓原子論的正確。到了1820年，



道爾頓的手蹟大多在二次大戰期間毀於戰火，這是被火燒過的殘存稿件。

Thackray, A., 1972. John Dalton, Harvard University Press, U.S.A.

道爾頓的原子論才逐漸廣被接受。

雖然外界的批評多，道爾頓卻不太爭辯，繼續埋首研究。他連續發表了許多倍受推崇的論文。1828年，他又出版《化學系統（II）》（System of Chemistry (II)），提出以符號去表示原子的結合。

### 道爾頓科學教育的三個原則

1826年，道爾頓獲得「皇家科學協會」（Royal Society）的金質獎。道爾頓科學成就達到顛峰時，他沒有停留在愈來愈多掌聲的科學界裡。他認為：「科學教育的危機在科學家的貴族化，並未對社會文化產生廣泛性的影響。」為此，他成立「英國科學推廣協會」（The British Association of the Advancement of Science）。如果要將科學研究的成果，分享給更多的社會大眾，不是要讓社會大眾爬高一點，而是讓結滿果實的枝頭降低一點。

為了要讓社會大眾認識科學，道爾頓提出每年舉辦「科學季」（Annual Scientific Festival），邀請大眾與科學家一起從事一些「有趣」的實驗。在會場也展示最新的研究成果、工程模型、現場操作的機械，以及科學團體的介紹。此外，也在各高中、大學推動成立科學社，出版科普書籍，與定期舉辦科學競賽的活動。

道爾頓堅持科學教育推廣，需要具備三個原則：第一是要具有「純樸」的特性，用最簡單的工具去表達科學的觀念。科學研究是用最精密、複雜的儀器，科學教育卻是最平凡、簡易的設備去表達，如此科學教育方能普及化，而非只適合社會少數富有家庭的孩子。

第二是科學推廣需具備「趣味性」。而科學教育的最大趣味，道爾頓認為是「讓學生與科學家在一起」。協會只擔任學生與資深學者之間穿針引線的工作，道爾頓當時最常邀請的學者是化學大師戴維，物理學大師法拉第（Michael Faraday, 1791-1867）與天文學大師赫瑟爾（John Herschel, 1792-1871）等人，能與這些大師一起談天，是許多學生的夢想。

第三是設立研究基金，支持學生一些「不太成

熟」、「不太實際」甚至是「異想天開」的研究，並且長期地與這些學生保持聯絡，鼓勵他們繼續保持研究的熱忱。

道爾頓一生培養出許多優秀的學生，例如他的第一個實驗助手希利曼（Benjamin Silliman, 1779-1864），後來成為傑出的礦物化學家，並成為「美國地質學家學會」（the Association of American Geologist）的第一任主席。道爾頓的最後一屆學生當中，更出了提出「能量不滅定律」的焦耳。

1837年，道爾頓兩度中風，身體狀況大不如前，但是仍然自認是「磨尖的利箭」，愈到老年愈知道該把有限的體力用在最關鍵教育「人」的事上。

### 未了的勸勉

1940年，第二次世界大戰德國轟炸英國期間，典藏道爾頓資料文物的博物館也被波及，道爾頓留下的實驗器材全燬，所留下的手稿資料也大多焚為灰燼，但是他對普世科學教育的影響，化學理論的建立，與對後來許多探討原子結構科學家的影響，是摧燬不掉的。例如居禮夫人（Marie Curie, 1867-1934）就提到，她對放射性元素的研究，就是源自道爾頓「化學原子論」的啟發。

但是道爾頓在晚年時，拒絕別人為他作畫、立像以資紀念，他寫道：「對現有科學家與科學成果過多的禮讚，會成為後來科學工作者僵化的束縛。過多的奉承，在我聽來彷彿如訃聞。」

他為後來的學子簡單地寫道：「成為一個化學家，最大的特點，在於他能區分，並注意到一些細小之處的差別。」「大自然引發人的好奇，起初看來像似不成熟的青澀果子，但這可能是一個神聖呼召的開始，讓人往前去深入。有許多值得研究的題材，仍然蘊藏在大自然裡面。」

1844年7月27日，這位自12歲就擔任老師的科學工作者，才卸下他的教育天職。

張文亮

台大生物環境系統工程學系