

# 氣球的發明與近代化學的誕生

蘇賢錫

國立臺灣師範大學物理系

## 人類首次自由飛行

1783年11月21日，人類首次自由飛行由巴黎西郊阿路特城堡（Chateau de la Aulnette）升空。飛行員是巴黎一所科學博物館的年輕館長羅哲爾（Pilatre de Rozier）與和路易十六世關係良好的陸軍軍官達蘭德（Marquis d'Arlandes）。在孟高爾費兄弟（Joseph-Michel與Jacques-E'tienne Montgolfier）所設計的熱空氣氣球，這兩位飛行員在空中停留 25 分鐘左右，然後安全降落在通往芳丹白露（Fontainebleau）的路上附近，一共行進大約 5 哩。

這次飛行本身就是值得注意的事件，但它同時也是化學上主要成就的縮影，亦即「氣體可以其重量來辨別」這項發現的震撼之下，化學組成的燃素學說（Phlogiston theory）被推翻了。四位卓越的化學家—布拉克（Joseph Black, 1728-99），加文狄希（Henry Cavendish, 1731-1810），蒲力斯特里（Joseph Priestley, 1733-1804）與拉瓦澤（Antoine Laurent Lavoisier, 1743-94），他們的名字都出現在首次載人與不載人氣球飛行的記錄上。他們的研究首次開闢大路，清楚地瞭解物質的化學性質。

## 熱氣球的誕生

孟高爾費兄弟（見圖 1，左為兄，右為弟）住在法國里昂附近的城市阿諾內（Annonay）。他們早已為飛行的想法所迷惑，他們想到充滿著煙的紙袋會在空中上升。1782 年末期，他們進行兩項預備實驗，發現充滿足夠多的煙之較大紙袋能浮起來。1783 年 6 月 4 日，孟高爾費兄弟在阿諾內首次公開展示他們的構想。氣球袋是亞麻布

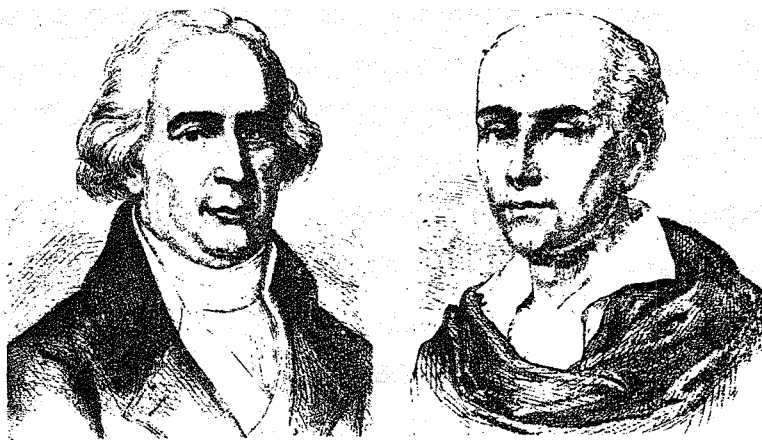


圖 1. 孟高爾費兄弟

做的球狀袋，以紙作為襯裏，直徑 36 呎，重量大約 500 磅。氣球置於火上灌氣，而火是用小捆稻草燒來的。氣球被釋放時，上升到相當的高度，10 秒後再降回，一共行進 1.5 哩。震撼因而發生，同時這消息迅速傳遍整個法國與歐洲的其他國家。

### 氫氣球的誕生

兩個月後，不同的團體在巴黎進行第二次氣球試飛。這次實驗由物理學家查理（Jacques Charles）主持。查理利用他在氣體研究方面所得的新知識，決定採用氫氣來灌氣球。因為氫氣容易透過紙襯裏而逃逸，所以改用薄絲織物來做氣球袋，再用橡膠溶液在外面塗上一層，氫氣得自硫酸與鐵屑的作用。要灌氣使氣球袋最後達到直徑 13 呎，需要數天工夫，並且消耗幾近 500 磅硫酸與 1000 磅鐵屑。8 月 27 日，一大群人在練兵場（Champ de Mars）圍觀氣球的上升。氣球在空中停留 45 分鐘，最後降落在大約 15 哩外的哥奈薩（Gonesse）附近的田野上，使當地居民為之震驚，一氣之下把氣球撕成碎片。

大約三星期後，孟高爾費兄弟又在凡爾賽重作實驗，這次路易十六世率領宮廷官員前來參觀。燃燒稻草，用所得的煙來灌氣球，比灌氫氣簡單，10 分鐘後，氣球就準備妥當，隨時可以起飛。這次表演，氣球攜帶一小籠，籠裏搭載一隻羊、雄雞與鴨。氣球本身不是第一次試飛時的樸素袋，而是用油漆塗得非常鮮豔。氣球在大約 2 哩外的森林降落。首次空中旅行者沒有受到損傷。

氣球飛行的可行性一經證實，隨即試驗其實用的可能性。10 月，羅哲爾搭乘攜帶牲畜的孟高爾費式氣球，升高到 80 呎，在空中停留 4 分鐘以上。一個月後，羅哲爾與達

蘭德完成歷史性飛行，橫過巴黎。查理也不甘示弱，12月1日他與羅伯（M.N. Robert）一起搭乘氫氣球，從巴黎出發。這次飛行持續二小時，在 27 哩外的小鎮奈斯列（Nesle）降落。羅伯在此地即告離去，而查理繼續單獨試飛，上升到大約二哩高處。在六個月的時間內，人類不但升空，並且學會飛行。

1783年後的數年，歐洲到處都有氣球的飛行。特別著名的是，約瑟·孟高爾費的飛行。他是他們兄弟中唯一真正飛行的人。1784年1月10日，他在里昂起飛。命名為 flesselles 的氣球是當時最大的，高 180 呎以上，周圍 100 呎長。這氣球用稻草的燃燒來灌煙 17 分鐘，上升到 3000 呎的高度，搭載七位乘客。

### 首次渡航英吉利海峽

氣球的飛行接二連三地宣告成功。1784年8月，法國化學家摩洛（Guyton de Moreau）連同伯特蘭（Abbe Bertrand）一起上升到 10,000 呎以上的高空，蒐集大氣層的溫度與壓力的資料。1785年1月，法國飛行員白朗治（Jean Pierre Blanchard）與美國醫師傑夫利（John Jeffries）首次順利橫過英吉利海峽。

第一次在阿諾內試飛氣球後，法國科學院在政府的要求之下，指派一個委員會來報告這次實驗的詳情，並且負責計畫往後的實驗。法國化學家拉瓦澤的許多發現就是第一個氣球製造的基礎，而他也是這個委員會的委員之一，並且在該委員會扮演領導性角色。法國政府顯然把氣球的開發視作重要的工作，因為該委員會所輔導的往後幾次實驗，其費用悉數由法國政府支出。

英國科學家對氣球的反應不太熱衷。1783年11月，國王喬治三世與宮廷官員應邀在溫莎參觀氣球試飛。國王深受感動，寫信給倫敦的皇家學會會長班克斯爵士（Sir Joseph Banks），吩咐由政府資助，繼續實驗。然而，回信上說，這種實驗不會有什麼好處，該學會對此問題沒有興趣。

雖然如此，氣球在戰爭上的潛在價值不久就被肯定了。在溫莎表演試飛的那一月分，這問題的分析結果被印成小冊子。富蘭克林（Benjamin Franklin）在往後不久的信上，清楚地說明了當時的情況：

「正如你所看到，氣球的發明顯然是非常重要。它的效果之一，可能是它可以說服君主不去從事戰爭這種愚行，因為連最有能力的君主也不能保護他的領土。每個能搭載二人的五千個氣球，其費用不會比一排五隻船的艦隊還要昂貴，而那一位君主能夠部署他的軍隊來對付這一萬名從天空降下來的敵人？」

氣球飛行的戲劇性發展是人類對物質的理解之徹底改變的必然後果。當時值得稱為「科學」的唯一部門是力學，尤其是天體力學——天體運動的研究。化學剛剛脫離煉金術的範疇不久，生物學與其他自然科學尚在早期觀察階段。當時的學者仍然必須研究所有的科學，是名正言順的自然科學家（natural philosopher）。這些自然科學家，其中有四位對氣球的發明貢獻頗多：他們是布拉克、加文狄希、蒲力斯特里與拉瓦澤。今天，他們可以稱為化學家。

對熟悉近代科學概念的任何人來說，18世紀早期的最初化學狀況相當令人昏亂。一切物質均由地上的四種元素（空氣、土、火、水）所組成，這種煉金術的想法依然普遍被接受。這種簡單的觀念，在二十個世紀前就出現在亞里斯多德的「自然科學」中，令人相信不同物質可以互相轉變。其結果之一就是對「哲學家的石頭」之虛幻探求，據說這塊石頭能把鐵與鉛變成黃金。亞里斯多德思想的另一遺產是燃素學說，使幾乎所有18世紀的化學思想昏亂迷糊。

燃素學說的開發，其目的在說明火的性質。根據人類早期的史前經驗，一般承認一些物質會燃燒，其他的卻不會燃燒，煉金術士擴大這項觀察，發現只要熱量夠大，甚至普通金屬也會燃燒，而留下不能燃燒的金屬灰或燒渣。為何如此？

18世紀前十年，史塔爾（Georg Stahl）的解釋是根據他的老師貝吉爾（Johann Becher）的早期構想。貝吉爾把亞里斯多德元素擴充，包括脂肪土（terra pinguis），認為脂肪土是物質燃燒時釋放出來的物質。史塔爾進一步把這種想法推廣，認為金屬只不過是其金屬灰與脂肪土的化合物。由這觀點看來，燃燒的過程是貯存在內的脂肪土之釋放，而史塔爾重新為脂肪土起一個新名字——燃素（phlogiston），來自希臘字「可燃」。

燃素學說可作多種用途，也很成功。例如，它可以說明，金屬灰與木炭共熱，為何恢復成為原來的金屬？木炭是可燃性物質，燃素的含量高，而不會燃燒的金屬灰不含燃素。因此，木炭把其燃素交給金屬灰，重新生產金屬，留下木炭灰。諸如此類的成功，使燃素學說普受歡迎，而燃素的觀念支配幾乎整個下一世紀。

布拉克、加文狄希、蒲力斯特里與拉瓦澤，他們開始研究化學時，他們都是燃素學說的堅定信徒。事實上，前面三位主要是從事實驗工作，他們確實常常用燃素學說來說明各種現象。然而，拉瓦澤特殊天才，能把新發現與舊事實組織成新的化學系統，卻不需要燃素。令人出乎意料的是，雖然加文狄希與蒲力斯特里的研究，對燃素學說的推翻頗有貢獻，他們二人都從未放棄燃素學說。1800年，氧開始被接受為燃燒的原因時，

蒲力斯特里依然深信燃素學說，於是他把他最後出版的書名稱爲「已建立的燃素學說 (The Doctrine of phlogiston Established)」。

赫爾蒙特 (Jan van Helmont) 的實驗，首次脫離亞里斯多德的化學觀念。赫爾蒙特早在 17 世紀就發表他的研究成果。雖然煉金術士早已知道，氣體是在發酵或木炭燃燒時發生的，但是他們認爲氣體是普通空氣的一種型態。利用簡單的化學實驗，赫爾蒙特產生各種氣體，並能辨別這些氣體與普通空氣不同。他分別命名這些氣體爲風氣 (windy gas)，油氣 (fat gas)，煙氣 (smoky gas) 等。赫爾蒙特對這些氣體沒有做化學實驗，他也不想把它們分離，但他是把「氣體 (gas)」這字引進科學字彙的人。氣體的研究發展成爲化學的一部門，稱爲氣體化學 (Pneumatic chemistry)，而一般認爲赫爾蒙特就是氣體化學的始祖。

直到 18 世紀中葉，氣體在化學的領域並不活躍。然後，它突然開始有新生命與新方向，呈現驚人的成果。18 世紀瑞典化學家伯格曼 (Torbern Bergmann) 寫著：「過去 10 年中，化學不但高飛進入看不見的空中物質，而且敢去探討這些物質的性質，並且探求其組成的原理。」的確，1779 年伯格曼寫這一段文章時，八種氣體的化學組成已被徹底研究清楚。

## 二氧化碳的發現

雖然布拉克、加文狄希、蒲力斯特里與拉瓦澤不是親密的同伴，但是他們在科學上的貢獻卻是建立在彼此的貢獻上面，並且發展成爲今天的所謂科學革命。一系列的發現是由布拉克 (見圖 2) 創始的。在 1750 年代，當布拉克還是愛丁堡大學醫學院的學生時，他做一項綿密的實驗，以研究酸與固態鎂氧礦 (碳酸鎂) 發生作用時所放出的氣體之性質。他的主要目的是要理解鎂氧礦 (magnesia) 的抗酸性，但在這過程中他證實所放出的氣體是不同於普通空氣的成分。

布拉克把這新物質命名爲「固定空氣 (fixed air)」，因爲他似乎被固定或捕捉在鎂氧礦內。當時人們還不知道這氣體是化學元素的化合物，再過數十年後始根據其原子組成而重新命名爲二氧化碳。使氣泡通過石灰水來尋找乳狀沉澱物，布拉克就能夠證明固定空氣是在木炭燃燒時、呼吸時、以及發酵時放出的。他成爲當時最重要的化學哲學家之一，最初在格拉斯哥大學當化學教授，後來回去愛丁堡大學任教。

首先注視固定空氣性質的科學家之一是加文狄希 (見圖 3)。他是早期自然科學家的典型：富有、古怪、隱居。加文狄希繼承龐大財富 (他曾經是英國最富有的人之一)

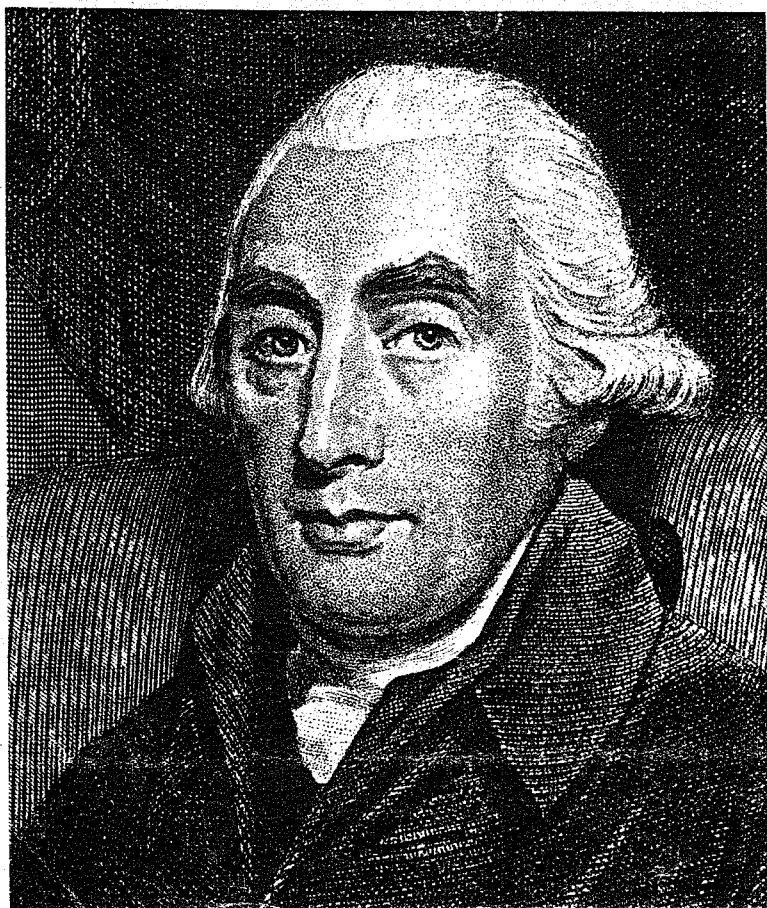


圖 2. 布拉克



圖 3. 加文狄希

之後，他決定一輩子過單身漢的生活，專心去做實驗。1766 年，他發表三篇論文，題目是「人工空氣的實驗 (Experiments on Factitious Air)」。加文狄希的所謂人工空氣是，「包含在其他物體中……而（經由化學過程）由這物體所產生的」任何種類的氣體。在加文狄希之前，衆所週知的人工空氣，只有布拉克的固定空氣。加文狄希模仿布拉克產生固定空氣的方法，把酸加在鎂氧礦上，並且擴大研究工作，把氣體樣品裝入動物膀胱中。光用普通空氣充滿膀胱來秤，再用固定空氣充滿來秤，於是，加文狄希發現固定空氣較普通空氣重 1.47 倍。

## 氫的發現

由於好奇心所驅駛，加文狄希作進一步的研究。假如布拉克實驗中所用的鎂氧礦以

普通金屬（例如鐵）來代替，將會發生什麼？加文狄希再度觀察氣泡，再度把氣體蒐集在膀胱中，然而，這人工空氣在石灰水中並不產生沉澱物，而且比空氣輕 11 倍。同時，它不像固定空氣那樣能夠撲滅火焰，而它與火焰靠近時便發生爆炸。加文狄希顯然發現第二種人工氣體，他把它命名為「易燃空氣（ inflammable air ）」，現在我們稱呼它為氫氣。

布拉克與加文狄希的研究已經徹底證實，氣體有其各別的化學成分。現在，再也不能把空氣當物質的基本成分之一來看。然而，亞里斯多德學派的其他三種元素，土、火與水又如何？

## 土不是元素

大約在這個時期，年輕的法國貴族拉瓦澤（見圖 4）做了簡單的實驗，否定「土」

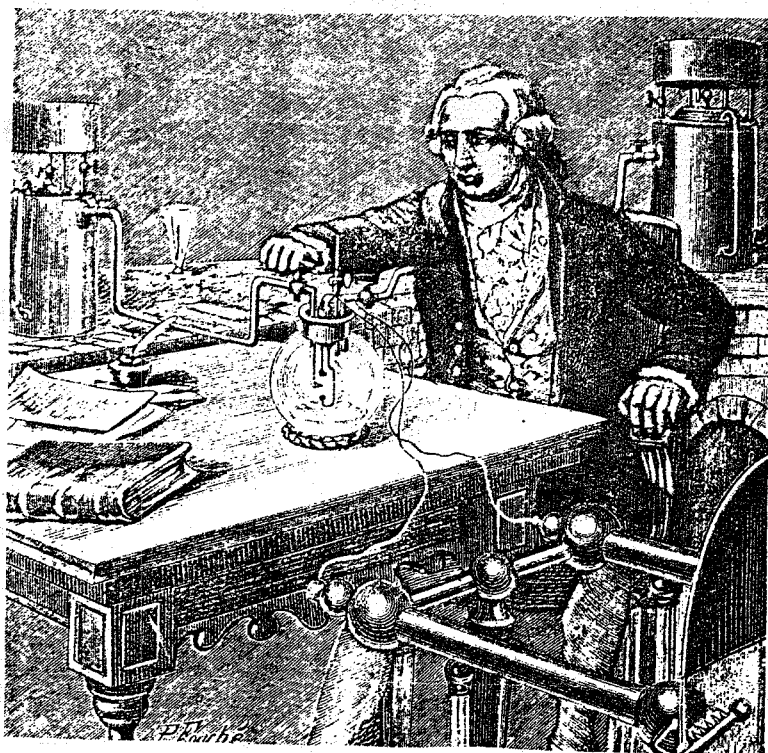


圖 4. 拉瓦澤

為基本物質。古老的實驗是要把水倒入「塘鵝（ pelican ）」（因蒸餾甌形狀酷似塘鵝，故稱之），加熱一段時間。最後，容器底部出現少量固體。這項實驗曾被解釋為水變成「土」。

拉瓦澤決定用化學天平來考驗這種解釋。他先秤空塘鵝的重量，再倒入淨水。把甌口封住，記下裝水容器的重量，再由減法得到水的精確重量。然後，他用溫火來慢煮容器內的水，共煮 101 天。實驗結束時，他再度分別秤出裝水與空塘鵝的重量。裝水的塘鵝，其重量沒有改變，而出現的固體，其重量等於空容器所減少的重量。「土」顯然是從玻璃塘鵝瀘出來的，而不是來自水。連同布拉克與加文狄希的研究成果，拉瓦澤實驗令人深深懷疑亞里斯多德學派的煉金術理論。

科學革命的最後發展要依靠氣體化學的更進一步發現，亦即蒲力斯特里（見圖 5）

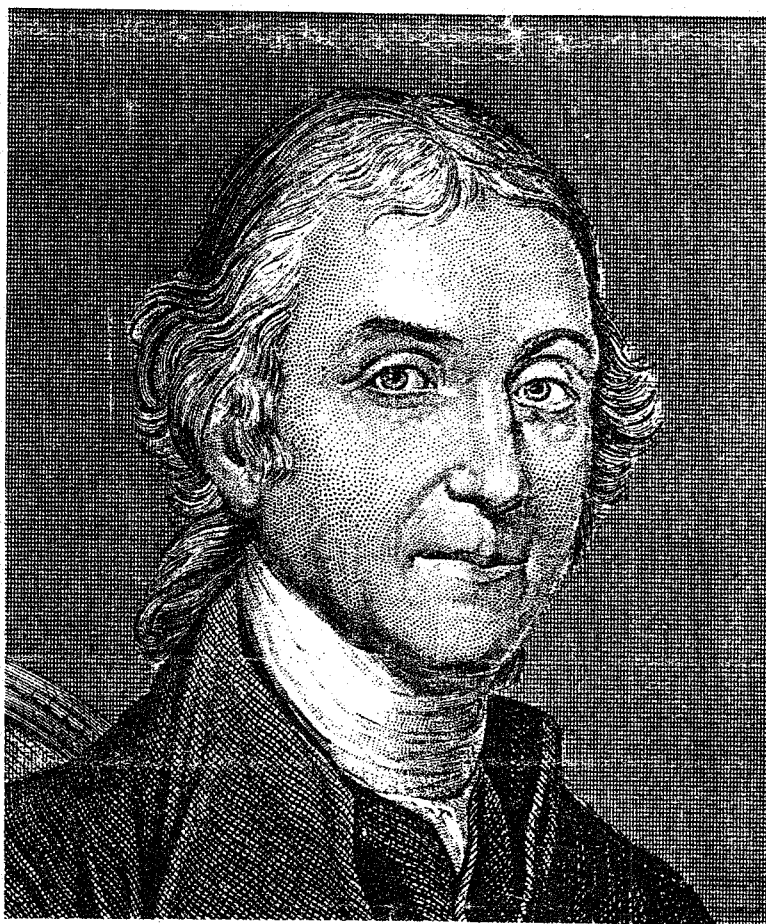


圖 5. 蒲力斯特里

的貢獻。他是具有多種才華與興趣的人，他是接受專門訓練的不遵奉國教之教士，具有幾種職業，包括政論家、作家（著書 106 冊）與化學家。1772 年，他發表一篇論文，題目為「各種不同空氣的觀察（Observations of Different Kinds of Air）」，敘述

幾種新氣體的製法。往後的十年中，亦即氣球發明前十年，蒲力斯特里又發現八種新氣體。

蒲力斯特里的成就，主要是依靠氣體回收技術的改進。從前的化學家是把裝滿水的鐘罩小心翼翼倒置於水盤內，再把氣泡趕入鐘罩內來收集氣體的。當氣體被收集在倒置鐘罩上方時，水已經從鐘罩內被排出在水盤中。但是，假如氣體能夠溶解在水中，氣體就不能用這種方法來收集。只要用液態水銀來代替水，蒲力斯特里就能夠收集及分析許多新氣體。

蒲力斯特里的最重要發現，完成在 1774 年。他用陽光與 12 吋火鏡 (burning lens) 來加熱水銀的紅色沉澱物。這種粉狀物質，煉金術早已熟知。正如布拉克燃燒木炭時一樣，蒲力斯特里看到氣體發生，但它不是固定空氣。實際上，這氣體具有獨特的性質：它使臘燭燃燒的更旺，而老鼠在這種氣體中可以生活，比較在空氣中生活，可以活兩倍久的時間。

由於蒲力斯特里深信燃燒的燃素學說，他當然用燃素來解釋這些性質。記住，燃素燃燒時會留下一種物質。因為燃素必須有去處，蒲力斯特里認為它進入新氣體中。因此，這氣體一定是缺乏燃素，而蒲力斯特里稱它為「脫燃素空氣 (dephlogisticated air)」。這名字沒有多久便被更改了，在拉瓦澤的實驗室中，這氣體被重新命名為「氧氣」，並且被視作近代化學理論的基石。

大約在這時候，拉瓦澤首次開始認真檢討燃素學說。1772 年，關於硫與磷在空氣中的燃燒，他提出研究報告。他再度使用化學天平，證明燃燒後這兩種物質都增加重量。他認為這些物質與空氣結合而增加重量。拉瓦澤在研究報告中指出，「在硫與磷的燃燒所看到的事，可能也會發生在所有物質的燃燒中……我相信金屬灰重量的增加是由於同樣的理由。」拉瓦澤用木炭來加熱鉛的燒渣 (氧化鉛) 時發現「燒渣變成金屬時，釋放大量氣體」，與他的推測完全一致。這些事實與推想，與燃素學說完全矛盾，因為燃素學說的主張是，物質燃燒時，燃素由該物質逸出，同時發生重量的減少。年輕的拉瓦澤認為燃素學說是異端邪說，他向法國科學院提出他的研究報告，預先報備，以免這種革命性思想被後進所遺忘。

關於燃燒的理論，拉瓦澤的成熟思想出現在他 1783 年的著名研究報告「回憶燃素 (Re'flexions sur le Phlogistique)」。在這篇報告中，他概述他反對燃素學說的許多論點。由於證據十分清楚，他寫著：「我這篇研究報告的唯一目的是，要推廣我在 1777 年所發表的燃燒理論；要證明史達爾的燃素是虛構的，其在金屬、硫、磷、以及所有可

燃體中的存在是毫無根據的假設。燃燒與煅燒的一切事實可以用非常簡單容易的方法來說明，根本不需要燃素。」

拉瓦澤的說明確實簡單。物質燃燒時所損失的，不是燃素；與物質結合的是來自空氣中的氧氣。拉瓦澤的假設能夠說明有關燃燒的一切事實，包括定量的事實，例如物質燃燒時所增加的重量完全等於所消失的氧氣重量。

截至此時，氣體化學的研究成果正在普遍傳播。對物質的理解已有長足進步，具有不尋常性質的新氣體陸續被發現。蒲力斯特里對布拉克的固定空氣之性質非常熟悉，他把固定空氣溶解在水中，發現所得的混合物很好喝。新的「蘇打水」立刻受到歐洲社會的普遍歡迎。孟高爾費兄弟也在研究氣體，希望把它應用在氣球上。為了促使科學的革命與氣球的出現及時發生，需要一次更大的努力。

最後一個謎底在英國揭開。加文狄希利用蒲力斯特里的電火花法來檢查新氣體。加文狄希對於他早先稱為易燃空氣的輕氣體特別感到興趣，而他把這易燃空氣與普通空氣混合起來發生火花。火花引起藍色火焰以及氣體體積的收縮與少量液體的形成。加文狄希稱這液體為露（dew）。

引起加文狄希注意的是露，而他著手設計第二次實驗來收集更多的露。根據他的記載：「這物質是無嗅無味……而蒸發後並不留下顯著的沉積物；在蒸發時也不產生刺激性氣味；簡而言之，它似乎是純粹的水。」事實上，更進一步的檢驗證實它就是純水。

這項著名的實驗在 1781 年完成，但到 1784 年始向皇家學會提出報告。正式發表延誤的主要原因是，在這實驗中採用脫燃素空氣來代替普通空氣時，所產生的水是酸性的，而加文狄希頗想研究這件事實。他發現酸性的原因是硝酸，並且首先證實硝酸的組成。

加文狄希證明，易燃空氣與脫燃素空氣這兩種氣體的混合物燃燒時可以產生水。這項發現並沒有讓他認為水是氫氣與氧氣的化合物，因為他是燃素學說的堅定信徒！。他寫著：「似乎有充分的理由可以認為脫燃素空氣只是被奪去燃素的水，而且正如以前說過，易燃空氣不是除氧水（Phlogisticated water）就是純粹燃素。」換言之，加文狄希相信，水在這兩種「空氣」中，以水的型態來存在，而這兩種「空氣」之間的反應，釋放了水。在這過程中，燃素由含燃素較多的易燃空氣傳遞給含燃素較少的脫燃素空氣。

1783 年 11 月 12 日，拉瓦澤在法國科學院的公開會議上宣讀一篇研究報告，其題

目相當長；「關於水的性質與關於一些實驗以證明這物質（水）不能稱為元素，而是可以分解與重新結合（M'emoire dans lequel on a pour objet de prouver que l'eau n'est point une substance simple, un e'le'ment proprement dit, mais qu'elle est susceptible de d'ecomposition et de recomposition）」。雖然拉瓦澤的方法與結果比加文狄希稍有遜色，但是拉瓦澤有足夠的勇氣來急速進步，主張水是氧氣與氫氣的化合物。拉瓦澤也設計實驗來證明，水可以分解成其成分元素。他的構想係利用下列事實：當水蒸氣與紅熱的鐵（事實上鐵是砲身）發生反應時，水就分解而形成氫氣與氧化鐵。當他在副實驗中發現紅熱的銅不能與水發生反應時，他始能進行他所尋求的實驗。

成功的實驗裝置是含有小塊鐵片的銅管。秤過重量的水被滴入紅熱的銅管中。保持未分解的任何水蒸氣，經過冷凝後再予秤其重量；然後，氣體部分（氫氣）則在水上予以收集並秤重量；最後，重新衡量銅管中的鐵片，以便計算其所增加的重量。由此實驗，拉瓦澤得到結論：水由1份重量的氫氣與 $6\frac{1}{2}$ 份重量的氧氣所組成（現在我們知道正確的數值是1：8）。水可以分解，也可以重新結合起來，這種生動的表演與拉瓦澤對自然的觀念完全一致，因而予燃素學說以最後一擊。不但如此，這實驗結束了亞里斯多德學派的四元學說。

由於這項實驗的闡釋之成功，拉瓦澤得到鼓勵，準備建立嶄新而合理的化學系統。1789年，他在他的著作「化學的基本論說（Trait'e e'lementaire de chimie）」中宣布這構想。在這著作中，氧與氫都出現在拉瓦澤的33種元素之名單中。其中除了兩種元素以外，其餘都在近代週期表上可以看到。這本書的出版，表示科學革命的開始與近代化學的誕生。

只要記住最初的氣球升空故事，便知化學在氣球操縱（尤其是氫氣球）方面的相似革命之影響似乎非常明顯。事實上，這兩種努力之間的關係相當密切。雖然氫氣球的故事開始於加文狄希的實驗室（加文狄希在這實驗室首次製備他的所謂「易燃空氣」，並且證明它比普通空氣輕得多），但是，首次應用這項發現來當眾表演，並且證明能夠生產重量比空氣輕的物體的人，是布拉克。湯姆生（Thomas Thomson）是傑出的化學家，他繼承布拉克在格拉斯哥大學的職位。湯姆生敘述的一段話，可以說明布拉克的簡單成就。其大意是：

加文狄希發表論文，指出氫氣比重的近似值，證明氫氣至少比空氣輕十倍。加文狄希先生的這篇關於氫氣的論文出現後不久，布拉克博士邀請一批朋友去晚宴，他告訴他

們說，他有新奇的事物要出示。客人包括哈頓博士（Dr. Hutton），克拉克先生（Mr. Clarke of Elden）與克拉克爵士（Sir Gorge Clarke of Pennicuik）。客人到齊時，布拉克博士帶他們到一個房裏，他有一個小牛的尿囊充滿著氫氣，他一放手尿囊就立刻上升貼在天花板。大家看了尿囊上升認為有一根黑細線綁在尿囊上，穿過天花板，有人在樓上拉線，使尿囊升高到天花板。然而當尿囊被取下來時，大家驚奇地發現上面並沒有綁上任何細繩。

數年後，在1784年，布拉克寫一封信，說明他的想法。他說：「因為你談到航空實驗的『誕生』，所以請你允許我寫信給你，更詳細說明我對這件事的看法。首先，雖然我已奉告的都是事實，我並沒有意思要請求在發明一般航空或旅行用機器方面的功勳。利用膀胱所做的實驗，我已經指出它是加文狄希先生的發現之顯著例子，而這實驗非常明顯，任何人都可能想到；但是，我確實沒有想到利用大型人工膀胱，利用它來舉起重物，載人升空。我們開始聽到有人在法國嘗試之前，我一點也不知道竟然有人想到這個問題，而我相信新聞報導完全屬實，亦即孟高爾費先生早已有意利用灌裝普通空氣（僅僅利用火焰來稀釋）的很大袋子或氣球來升空。

「這構想是根據早已週知的原理，與加文狄希先生的發現無關，所以令人驚訝的是，孟高爾費先生為何不早一點實施？因此，我想孟高爾費先生或許很久以前就計畫好，但他等到別人開始想到利用易燃空氣來飛行時，他才想要嘗試。我不知道誰是第一個想到這方法的人，因為我承認我沒有看過這實驗的經過，我對這種實驗一點也沒有興趣。」

究竟什麼念頭使孟高爾費兄弟利用熱空氣來做揚起氣球的實驗？這個問題很難答覆，只能靠推測來解答。格萊紹（James Glaisher）在1878年版的大英百科全書說：「孟高爾費兄弟以為燃燒稻草放出來的蒸氣或煙的輕質使袋子上升；後來才知道，升力只是因為熱空氣比低溫的同體積空氣較輕所致。」孟高爾費兄弟顯然以為稻草放出來的蒸氣就是易燃空氣或類似的物質。然而，布拉克認識得更清楚。他在他的信中寫得很明白，較熱的空氣只是「稀釋（rarefied）的」。

關於來自火焰的煙與蒸氣之性質，另外還有證據可以指出，孟高爾費兄弟在做實驗時是在誤解之下工作的。當時在英國政治界極為活躍的律師辛克萊爵士（Sir John Sinclair），在他的信件中可以看到下列故事。「1785年的年底發生一些意外事件，使我從倫敦到巴黎去做短期旅行，而偶然和三位著名的外國人在一起。他們是以改進燈泡製造術而聞名的阿甘德（Argand），當時最偉大的壁紙製造商列維龍（Reveillon）……和因發現氣球而普受崇拜的約瑟·孟高爾費。我和這些聰明人談話而得到很多知

識。我記得，特別是在孟高爾費說明他發現的由來時。其內容如下：

「孟高爾費說，他和他的弟弟是朗規得（Languedoc）的製紙業者，但他經常對化學問題有強烈的興趣。因此，他們常常去蒐集資料來解決問題。孟高爾費和他的弟弟好像很早就討論到他們升空的可能性，或從地上送大物體上去的可能性，但是他們沒有做實驗來證明這種構想的可行性。然而，他偶然看到布拉克博士所做的一些實驗之記載，知道各種空氣或氣體的性質，特別是它們的重量之差異，於是，他立刻對弟弟說：『以前我們所討論的事，其可能性似乎被外國化學家證明了。』大家必須要明白的要點是，要不是布拉克博士的發現，孟高爾費兄弟可能不會去做實驗。根據約瑟·孟高爾費的談話，我可以斷言這一點。約瑟·孟高爾費是我所遇見的人當中最坦白最能幹的人之一，他始終彬彬有禮地提到布拉克博士，說博士是特別值得敬佩的人。」

（取材自 Scientific American，1984，January）

## 本年度中小學科學教師獎金設置要點

### 教育部

教育部舉辦七十三學年度中小學科學教師獎勵，將於七十三年十二月十六日至卅一日受理申請，獲得各類獎金特優之作者，得由省市主管教育行政機關優先推薦出國考察訪問有關主題之科學教育，得獎作品並得由教育部公開展覽或擇優推廣。

教育部為獎勵中小學教師科學教學優良及鼓勵其從事研究、創作及熱心輔導學生研究製作，特設置本獎金。中小學科學教師獎金獎勵範圍包括公私立中等學校及小學之專任教師，現擔任數學、物理、化學、生物、地球科學、自然組地理、健康教育、自然科學、資訊工藝等科教師，並經各該科教師登記或檢定合格者。中等學校及小學校長，合於本要點獎勵條件者，亦得申請。獎金分為 1.教學特殊貢獻獎金 2.教學優良獎金 3.研究著作獎金 4.教具設計創作獎金 5.輔導學生研究製作獎金。每類獎金各取特優一名，每名獎金八萬元，優等一名每名獎金四萬元，甲等二名每名獎金三萬元，乙等三～四名每名獎金二萬元，另入選獎四～十二名，每名獎金一萬元，各類獎金名額得視申請案件及成績酌予調整。

申請前項獎勵，教師由任教學校核轉，校長由主管教育行政機關核轉，申請時應填具申請書（推薦書），將基本資料、作品名稱填列。分別檢具附件由任教學校或主管教育行政機關逕寄國立台灣師範大學科學教育中心。

教育部規定申請人如有多種成果，當年度可同時申請。申請作品如係抄襲他人或有妨害他人著作權、專利權情事者，一經查覺，即取銷獲獎資格，如已發給獎金獎狀時，追回所領獎金及獎狀。