

在艱難的攀登中自得其樂

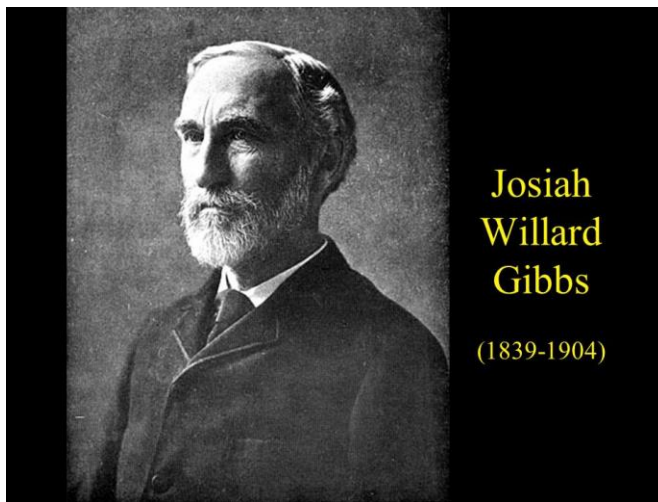
陳關榮

(香港城市大學)

1997年，楊振寧為《科技文化》雜誌寫了一篇題為“美與物理學”的專論，開篇就說：

十九世紀物理學的三項最高成就是熱力學、電磁學與統計力學。其中統計力學奠基於麥克斯韋（J. Maxwell，1831—1879）、玻耳茲曼（L. Boltzmann，1844—1905）與吉布斯（W. Gibbs，1839—1903）的工作。

大家可能比較熟識麥克斯韋和玻耳茲曼。那麼吉布斯是誰呢？——他也是個物理學家，愛因斯坦稱之為“美國歷史上最傑出的英才”。



J. Willard Gibbs

吉布斯的全名是約西亞·威拉德·吉布斯（Josiah Willard Gibbs），1839年2月11日出生於美國 Connecticut 州 New Haven 市，即 1701 年建校的耶魯大學所在地。吉布斯在家排行第四，有三個姐姐和一個妹妹。父親是個語言學家，在耶魯大學神學院當教授，祖父出任過哈佛大學代理校長。母親出身書香門第，其父是普林斯頓大學化學教授，祖父是數學和自然哲學教授，曾祖父為新澤西學院（普林斯頓大學前身）首任校長。

吉布斯童年體弱多病，因而經常缺課。幸有母親悉心家教，讓他 15 歲時進入了耶魯大學就讀。在大學裡，他因拉丁語和數學成績特別優異多次獲獎。1863 年，他完成了學位論文《論直齒輪輪齒的樣式》，成為美國第一個工程學博士，也是美國本土第五個博士。畢業後他留校當助教，前兩年講授拉丁語，第三年講授物理。其間，他由數學和天文學家休伯特·安森·牛頓（Hubert Anson Newton）輔導。導師是流星體研究的權威，對這位學

生後來的學術發展有極大影響，而且師生成為畢生摯友。1866年，吉布斯在 Connecticut Academy 學會上作了一次題為“長度單位的確切量度”的演講，提出一個機械領域中計量單位系統合理化方案。同年，他申請了一項火車制動技術的專利，讓火車從此不需專配制動人員。1866—1869年間，吉布斯辭職遊學，在巴黎、柏林、海德堡各住了一年。那是他一生中唯一離開家鄉的日子。三年訪學期間，他接觸了不少著名學者。在巴黎，他聽了數學家約瑟夫·劉維爾（Joseph Liouville）在索邦學院以及米歇爾·沙勒（Michel Chasles）在法蘭西公學院做的學術講座。在柏林，他聽了數學家卡爾·魏爾斯特拉斯（Karl Weierstrass）和利奧波德·克羅內克（Leopold Kronecker）以及化學家海因里希·馬格努斯（Heinrich Gustav Magnus）的講課。在海德堡大學，他見習了物理學家古斯塔夫·基爾霍夫（Gustav Kirchhoff）和赫爾曼·馮·亥姆霍茲（Hermann von Helmholtz）的科研工作。這次訪學啟動了他後來一發而不可收的科學研究。

當吉布斯 1869 年重回耶魯時，大學已無職缺，讓他去給工科學生講授法語。教學之餘，他嘗試設計一種新型的蒸汽機調速器，那是他在機械工程領域最後的一項技術研究。到 1871 年，他勉強獲得了一個數學物理教職。但是，因為沒有論文，他很快就被學校辭退。此後近十年時間裡，他沒有工資收入，靠父母留下的積蓄維持生活，一直住在妹妹家的小房子裡。然而，正是在這無職無薪、窮困潦倒的十年裡，毫無負擔羈絆的吉布斯開辟了自己後來的輝煌歷史。

1873 年，34 歲的吉布斯開始發表學術論文。他在小雜誌 Transactions of the Connecticut Academy 上刊登了兩篇文章，論述了如何利用幾何方法表示熱力學的量。出師無名的他，這項研究得到了麥克斯韋的高度評價。麥克斯韋在 1875 年修訂的《熱學》一書中用了整整一章的篇幅來介紹吉布斯的工作。他在倫敦化學學會做的一次演講中，描述了吉布斯幾何方法的用途，後來在為《大英百科全書》撰寫的有關圖解法的章節中還提及吉布斯的這項工作。然而，麥克斯韋 1879 年英年早逝，他與吉布斯之間可能的合作戛然而止。隨後一個笑談傳遍了耶魯：“只有一個活著的人能夠理解吉布斯的論文，那就是麥克斯韋，可是他已經去世”。不過，麥克斯韋生前親手做了兩個表達吉布斯幾何方法的石膏模型，並將其中一個寄給了吉布斯。這個模型如今仍然陳列在耶魯大學的物理系內。



麥克斯韋親手做的吉布斯幾何模型

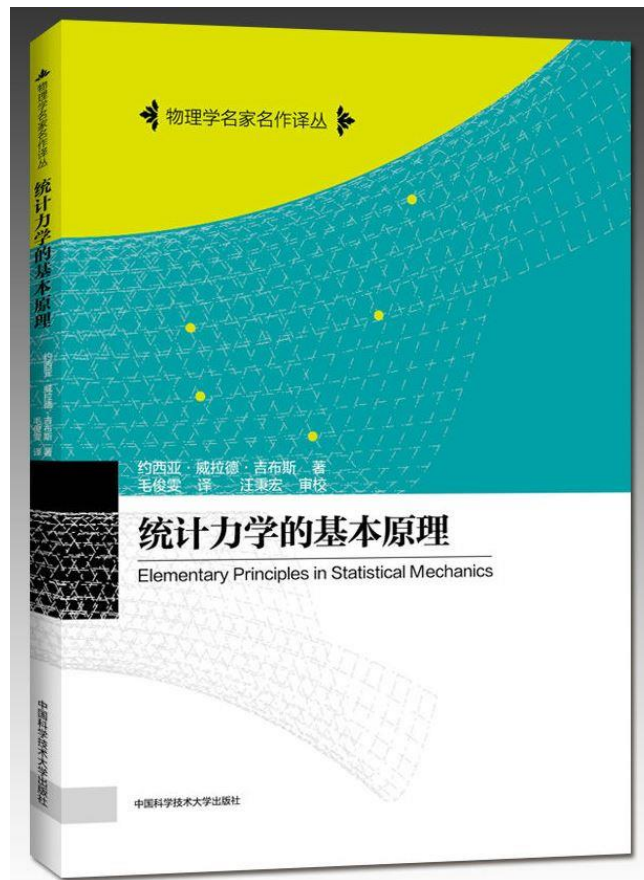
吉布斯隨即把他的熱力學分析方法拓展到複相系統，並考慮到多種實際應用。他在題為“關於多相物質平衡”的兩冊專著中總結了這一工作。該書由 Connecticut Academy 先後於 1875 年和 1878 年出版，標誌著化學平衡理論的誕生。書中，吉布斯以熱力學奠基人魯道夫·克勞修斯 (Rudolf Clausius) 關於熱力學第一和第二定律的名言開篇：“整個世界的能量是守恆的。整個世界的熵趨向於一個最大值。”這部著作被後人稱為“熱力學的《自然哲學的數學原理》”。可是，當時整個美國科學界並不重視基礎理論研究，吉布斯的研究成果在自己的國家裡沒有引起回響。幸而這部專著受到了歐洲學界的歡迎，被翻譯成德文和法文出版，成為現代“物理化學”學科的基石。

1880 年，新建的約翰·霍普金斯大學以三千美元年薪的待遇邀請吉布斯前往工作。作為回應，耶魯大學決定給他年薪兩千美元，問他是否願意留下來？沒想到吉布斯默然接受，留在了耶魯。吉布斯關注的不是工資，因為他已經貧苦慣了。他的興趣在令他著迷的科學研究上，而耶魯可以給他提供更好的學術交流條件和工作環境。

在 1880—1884 年間，為了適應物理學家計算和分析的需求，吉布斯將赫爾曼·格拉斯曼 (Hermann Grassmann) 的外代數發展為向量微積分。他分別定義了兩個向量的數量積和向量積，還引入了並矢張量的概念。這時，英國的數學家 and 工程師奧利弗·亥維賽 (Oliver Heaviside) 也在獨立進行類似的研究。吉布斯一直嘗試去讓物理學家們認識到向量分析相對於由數學家威廉·哈密頓 (William Rowan Hamilton) 引入的四元數分析更為優越。這引起了他和物理學家彼得·泰特 (Peter Guthrie Tait) 等人在《自然》雜誌上的一場關於數學標記方法及其物理本質問題的大論戰。吉布斯有關向量分析的講義《向量分析要素》起初並沒有公開發行，僅在 1881 年和 1884 年授課時為學生作了少量的印刷。但這份講義被後人認為是現代向量分析的開端。此外，在數學領域，他還發現了一個今天廣為人知的傅立葉級數的“吉布斯現象”。

在這段時期，吉布斯也曾在物理光學領域付出過一番心血。但當他發覺該領域的深入研究必須了解物質的微觀結構時，他毅然轉向了熱力學。後來，當他意識到麥克斯韋提出的電磁學理論有極大的發展空間而且無需涉及物質的微觀結構時，他又重新回到了物理光學。在 1882—1889 年間，他寫了五篇有關物理光學的論文，運用麥克斯韋的電磁學理論研究了雙折射、色散及其它一些光學現象，並批駁了當時有關光的機械波理論。

吉布斯首創了“統計力學”這一術語，並引入了用以描述物理系統的一些關鍵概念及它們相應的數學表述，特別是 1873 年引入的吉布斯能、1876 年引入的化學勢、1902 年引入的系綜 (ensemble)。諾貝爾物理學獎得主朗道 (Lev Davidovich Landau) 評論吉布斯時，說他“對統計力學給出了適用於任何宏觀物體的最徹底、最完整的形式”。吉布斯還運用支配體系性質的統計原理闡明了他獨辟蹊徑導出的熱力學方程，並通過多粒子系統的統計性質對熱力學的唯一理論給出了完美的解釋。1902 年，他把這項工作寫入了對後世極具影響的教科書《統計力學的基本原理》。



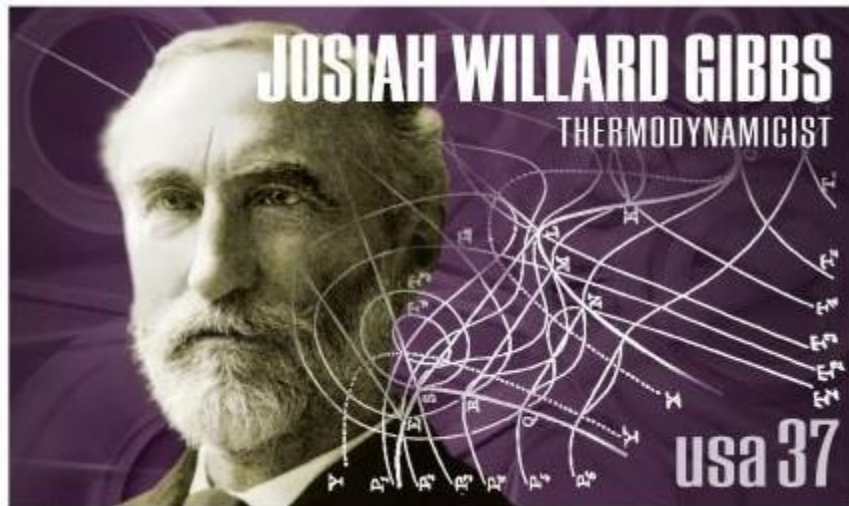
《统计力学的基本原理》中文版，中国科学技术大学出版社，2016年

除了向量分析和统计力学，不少以他命名的专业术语从不同角度折射出他的学术成就和科学贡献：吉布斯熵、吉布斯能、吉布斯相律、吉布斯悖论、吉布斯现象、吉布斯-亥姆霍兹方程、吉布斯-杜安方程、吉布斯取样法、吉布斯测度、吉布斯态、吉布斯-汤姆森效应、吉布斯等温面、吉布斯-唐南效应、吉布斯-马伦哥尼效应、吉布斯引理、吉布斯不等式，等等。

学术界对这位成果累累的科学家给予了充分公允的肯定和名副其实的奖励。

1879年，吉布斯被选为美国国家科学院院士。1880年，他因化学热力学的卓越工作获得由美国文理科学院颁发的 Rumford 奖，并获普林斯顿大学和 Williams College 颁授荣誉博士学位。1892年，他被选为伦敦数学学会荣誉会士。1897年，他获选为英国皇家学会外籍院士、普鲁士科学院院士和法国科学院院士，并获得 Erlangen-Nuremberg 大学以及 Oslo 大学的荣誉博士学位。1901年，英国皇家学会又给他颁发了当时被认为是自然科学界最崇高荣誉的 Copley 奖章。之前，例如 1838 年的 Copley 奖章由高斯和法拉第分享。

1903年4月28日，吉布斯因急性肠梗在 New Haven 去世，享年 64 岁，遗体被安葬在 Grove Street 公墓。



美國郵政總署在 2005 年發行的吉布斯紀念郵票

1910 年，美國化學學會設立了吉布斯獎，表彰對理論和應用化學做出傑出貢獻的學者。1923 年，美國數學學會設立了吉布斯講座，“以向公眾展示某些數學思想及其應用”。1945 年，耶魯大學設立了吉布斯理論化學教授席位，Rutgers 大學也設立了吉布斯熱力學教授席位。吉布斯於 1950 年被選入美國偉人名人堂。海洋考察船“吉布斯號”在 1958 — 1971 年間為美國海軍服役。1964 年，月球一個隕石坑被命名為吉布斯石坑。

也許更有價值和更有意思的，是來自他的學生們的評價。

吉布斯一生篤信基督教。他終生未娶，樂於獨處。他近乎孤僻的性格以及對工作過度沈迷的作風常常令學生們敬而莫近。他的得意門生埃德溫·威爾遜(Edwin Bidwell Wilson)回憶說：“除了在課堂上，我們很少能看到吉布斯。在下午的工作完成後，他會從位於舊 Sloane 實驗室的辦公室到他家的大街上散步，作為工作與晚餐之間的活動。在那段時間裡，我們才會偶爾遇到他。”威爾遜還說：“吉布斯不會花心思宣傳自己，也不會刻意地去傳播科學。他不是那種把科研作為時尚而前來殿堂的學者……吉布斯並不是一個背離社會習俗的人，但也不會刻意地去引人注意。他是個慈祥莊重的紳士。”

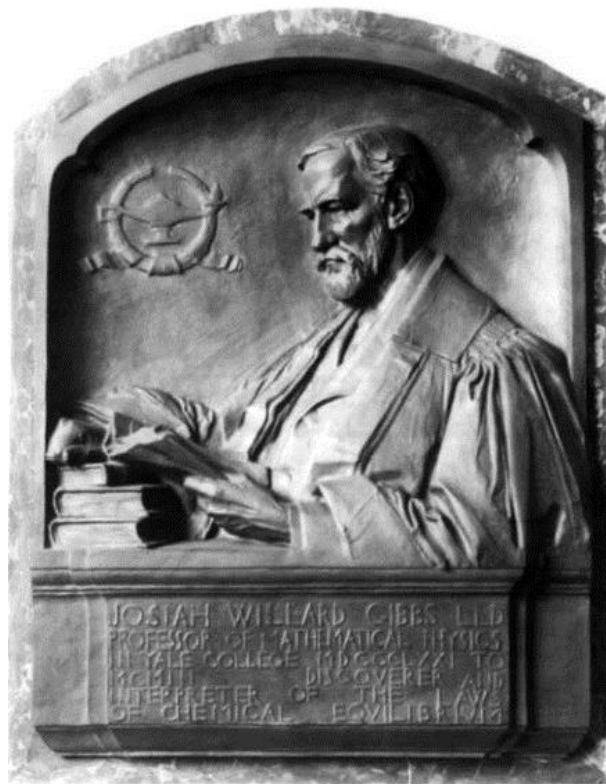
吉布斯的另一個學生林德·惠勒(Lynde Wheeler)描述過晚年的吉布斯：“他的衣著總是整潔得體。在街上，他常會戴一頂氈帽，但從來不會展現出那種有時被認為是天才們與生俱來的怪異舉止……他為人誠懇而又不會過分熱情，顯示出他天性中的那份質樸與真誠。”

吉布斯還有一位非常出色的學生，就是無線電技術的先驅者李·德富雷斯特(Lee De Forest)。這位成功的學生被譽為“無線電之父”、“電視始祖”、“電子管之父”(真空三極管的發明者)。德富雷斯特坦言，他尋求電磁波和電磁振蕩理論突破的思想來自於導師。

吉布斯的學生亨利·巴姆斯特德（Henry Bumstead）在《美國科學雜誌》刊登訃告時評說：“他舉止不事張揚，性情和藹，與人為善，從不急躁惱怒，毫無個人野心和權力欲望。他一直朝著成為一名無私的基督教徒紳士的理想而努力。在了解他的人們的心目中，他美好而又尊貴的人格絕不遜色於他科學事業上的偉大成就。”

儘管吉布斯自己的學生不多，卻有不少其他領域的著名學者與他有過師生之誼。1891年，吉布斯審評了後來成為美國第一位數理經濟學家的歐文·費雪（Irving Fisher）的博士論文。吉布斯去世後，心存感激的費雪資助了其全部著作的出版。

在學生們的懷念和回憶中，他們特別喜歡導師經常課餘帶他們去爬山。吉布斯認為登山者與物理學家有許多很相似的特質：他們都耐得住孤單的旅程，總是向最高峰挑戰，仔細地規劃行進路徑，並在艱難的攀登中自得其樂。



吉布斯青銅紀念像（耶魯大學吉布斯實驗室入口處）