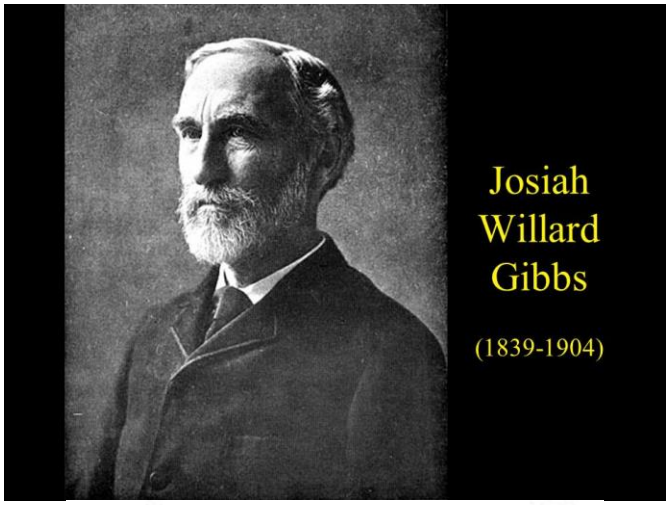
在艰难的攀登中自得其乐

陈关荣
（香港城市大学）

1997 年，杨振宁为《科技文化》杂志写了一篇题为“美与物理学”的专论，开篇就说：

> 十九世纪物理学的三项最高成就是热力学、电磁学与统计力学。其中统计力学奠基于麦克斯韦（J. Maxwell，1831－1879）、玻耳兹曼（L. Boltzmann , 1844－1905）与吉布斯（W. Gibbs , 1839－1903）的工作。

大家可能比较熟识麦克斯韦和玻耳兹曼。那么吉布斯是谁呢？——他也是个物理学家，爱因斯坦称之为“美国历史上最杰出的英才”。



吉布斯的全名是约西亚·威拉德·吉布斯（Josiah Willard Gibbs），1839 年 2 月 11 日出生于美国 Connecticut 州 New Haven 市，即 1701 年建校的耶鲁大学所在地。吉布斯在家排行第四，有三个姐姐和一个妹妹。父亲是个语言学家，在耶鲁大学神学院当教授，祖父出任过哈佛大学代理校长。母亲出身书香门弟，其父是普林斯顿大学化学教授，祖父是数学和自然哲学教授，曾祖父为新泽西学院（普林斯顿大学前身）首任校长。

吉布斯童年体弱多病，因而经常缺课。幸有母亲悉心家教，让他 15 岁时进入了耶鲁大学就读。在大学里，他因拉丁语和数学成绩特别优异多次获奖。1863 年，他完成了学位论文《论直齿轮轮齿的样式》，成为美国第一个工程学博士，也是美国本土第五个博士。毕业后他留校当助教，前两年讲授拉丁语，第三年讲授物理。其间，他由数学和天文学家休

伯特·安森·牛顿（Hubert Anson Newton）辅导。导师是流星体研究的权威，对这位学生后来的学术发展有极大影响，而且师生成为毕生挚友。1866 年，吉布斯在 Connecticut Academy 学会上作了一次题为“长度单位的确切量度”的演讲，提出一个机械领域中计量单位系统合理化方案。同年，他申请了一项火车制动技术的专利，让火车从此不需专配制动人员。1866—1869 年间，吉布斯辞职游学，在巴黎、柏林、海德堡各住了一年。那是他一生中唯一离开家乡的日子。三年访学期间，他接触了不少著名学者。在巴黎，他听了数学家约瑟夫·刘维尔（Joseph Liouville）在索邦学院以及米歇尔·沙勒（Michel Chasles）在法兰西公学院做的学术讲座。在柏林，他听了数学家卡尔·魏尔斯特拉斯（Karl Weierstrass）和利奥波德·克罗内克（Leopold Kronecker）以及化学家海因里希·马格努斯（Heinrich Gustav Magnus）的讲课。在海德堡大学，他见习了物理学家古斯塔夫·基尔霍夫（Gustav Kirchhoff）和赫尔曼·冯·亥姆霍兹（Hermann von Helmholtz）的科研工作。这次访学启动了他后来一发而不可收的科学研究。

当吉布斯 1869 年重回耶鲁时，大学已无职缺，让他去给工科学生讲授法语。教学之余，他尝试设计一种新型的蒸汽机调速器，那是他在机械工程领域最后的一项技术研究。到 1871 年，他勉强获得了一个数学物理教职。但是，因为没有论文，他很快就被学校辞退。此后近十年时间里，他没有工资收入，靠父母留下的积蓄维持生活，一直住在妹妹家的小房子里。然而，正是在这无职无薪、穷困潦倒的十年里，毫无负担羁绊的吉布斯开辟了自己后来的辉煌历史。

1873 年，34 岁的吉布斯开始发表学术论文。他在小杂志 Transactions of the Connecticut Academy 上刊登了两篇文章，论述了如何利用几何方法表示热力学的量。出师无名的他，这项研究得到了麦克斯韦的高度评价。麦克斯韦在 1875 年修订的《热学》一书中用了整整一章的篇幅来介绍吉布斯的工作。他在伦敦化学学会做的一次演讲中，描述了吉布斯几何方法的用途，后来在为《大英百科全书》撰写的有关图解法的章节中还提及吉布斯的这项工作。然而，麦克斯韦 1879 年英年早逝，他与吉布斯之间可能的合作戛然而止。随后一个笑谈传遍了耶鲁：“只有一个活着的人能够理解吉布斯的论文，那就是麦克斯韦，可是他已经去世”。不过，麦克斯韦生前亲手做了两个表达吉布斯几何方法的石膏模型，并将其中一个寄给了吉布斯。这个模型如今仍然陈列在耶鲁大学的物理系内。

麦克斯韦亲手做的吉布斯几何模型

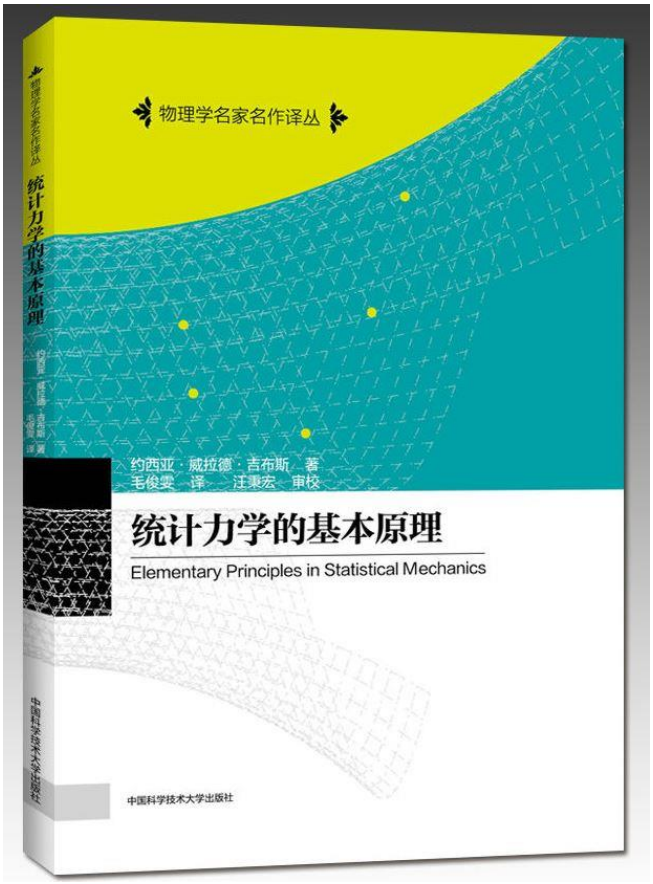
吉布斯随即把他的热力学分析方法拓展到复相系统，并考虑到多种实际应用。他在题为“关于多相物质平衡”的两册专著中总结了这一工作。该书由 Connecticut Academy 先后于 1875 年和 1878 年出版，标志着化学平衡理论的诞生。书中，吉布斯以热力学奠基人鲁道夫·克劳修斯（Rudolf Clausius）关于热力学第一和第二定律的名言开篇：“整个世界的能量是守恒的。整个世界的熵趋向于一个最大值。”这部著作被后人称为“热力学的《自然哲学的数学原理》”。可是，当时整个美国科学界并不重视基础理论研究，吉布斯的研究成果在自己的国家里没有引起回响。幸而这部专著受到了欧洲学界的欢迎，被翻译成德文和法文出版，成为现代“物理化学”学科的基石。

1880 年，新建的约翰·霍普金斯大学以三千美元年薪的待遇邀请吉布斯前往工作。作为回应，耶鲁大学决定给他年薪两千美元，问他是否愿意留下来？没想到吉布斯默然接受，留在了耶鲁。吉布斯关注的不是工资，因为他已经贫苦惯了。他的兴趣在令他着迷的科学研究上，而耶鲁可以给他提供更好的学术交流条件和工作环境。

在 1880—1884 年间，为了适应物理学家计算和分析的需求，吉布斯将赫尔曼·格拉斯曼（Hermann Grassmann）的外代数发展为向量微积分。他分别定义了两个向量的数量积和向量积，还引入了并矢张量的概念。这时，英国的数学家和工程师奥利弗·亥维赛（Oliver Heaviside）也在独立进行类似的研究。吉布斯一直尝试去让物理学家们认识到向量分析相对于由数学家威廉·哈密顿（William Rowan Hamilton）引入的四元数分析更为优越。这引起了他和物理学家彼得·泰特（Peter Guthrie Tait）等人在《自然》杂志上的一场关于数学标记方法及其物理本质问题的大论战。吉布斯有关向量分析的讲义《向量分析要素》起初并没有公开发行，仅在 1881 年和 1884 年授课时为学生作了少量的印刷。但这份讲义被后人认为是现代向量分析的开端。此外，在数学领域，他还发现了一个今天广为人知的傅立叶级数的“吉布斯现象”。

在这段时期，吉布斯也曾在物理光学领域付出过一番心血。但当他发觉该领域的深入研究必须了解物质的微观结构时，他毅然转向了热力学。后来，当他意识到麦克斯韦提出的电磁学理论有极大的发展空间而且无需涉及物质的微观结构时，他又重新回到了物理光学。在 1882—1889 年间，他写了五篇有关物理光学的论文，运用麦克斯韦的电磁学理论研究了双折射、色散及其它一些光学现象，并批驳了当时有关光的机械波理论。

吉布斯首创了“统计力学”这一术语，并引入了用以描述物理系统的一些关键概念及它们相应的数学表述，特别是 1873 年引入的吉布斯能、1876 年引入的化学势、1902 年引入的系综（ensemble）。诺贝尔物理学奖得主朗道（Lev Davidovich Landau）评论吉布斯时，说他“对统计力学给出了适用于任何宏观物体的最彻底、最完整的形式”。吉布斯还运用支配体系性质的统计原理阐明了他独辟蹊径导出的热力学方程，并通过多粒子系统的统计性质对热力学的唯象理论给出了完美的解释。1902 年，他把这项工作写入了对后世极具影响的教科书《统计力学的基本原理》。



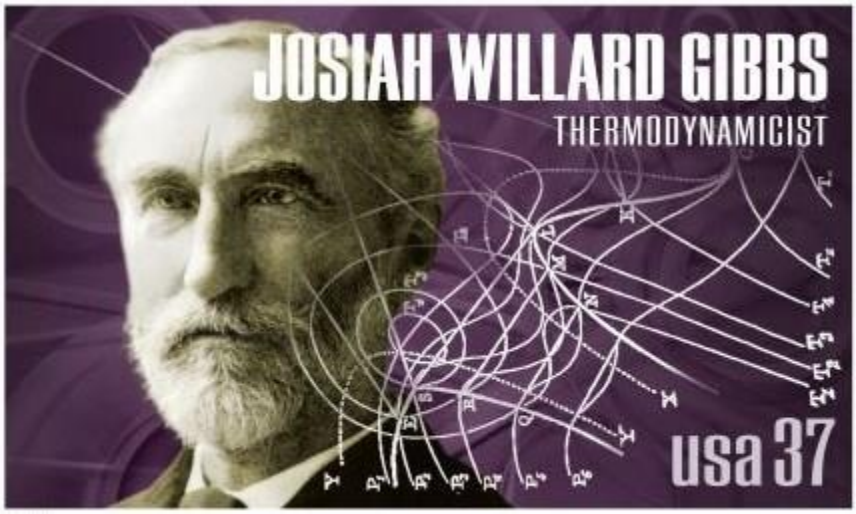
《统计力学的基本原理》中文版，中国科学技术大学出版社，2016 年

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-馬伦哥尼效应、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。



美国邮政总署在 2005 年发行的吉布斯纪念邮票

1910 年，美国化学学会设立了吉布斯奖，表彰对理论和应用化学做出杰出贡献的学者。1923 年，美国数学学会设立了吉布斯讲座，“以向公众展示某些数学思想及其应用”。1945 年，耶鲁大学设立了吉布斯理论化学教授席位，Rutgers 大学也设立了吉布斯热力学教授席位。吉布斯于 1950 年被选入美国伟人名人堂。海洋考察船“吉布斯号”在 1958 — 1971 年间为美国海军服役。1964 年，月球一个陨石坑被命名为吉布斯石坑。

也许更有价值和更有意思的，是来自他的学生们的评价。

吉布斯一生笃信基督教。他终生未娶，乐于独处。他近乎孤僻的性格以及对工作过度沉迷的作风常常令学生们敬而莫近。他的得意门生埃德温·威尔逊(Edwin Bidwell Wilson)回忆说：“除了在课堂上，我们很少能看到吉布斯。在下午的工作完成后，他会从位于旧 Sloane 实验室的办公室到他家的大街上散步，作为工作与晚餐之间的活动。在那段时间里，我们才会偶尔遇到他。”威尔逊还说：“吉布斯不会花心思宣传自己，也不会刻意地去传播科学。他不是那种把科研作为时尚而前来殿堂的学者……吉布斯并不是一个背离社会习俗的人，但也不会刻意地去引人注意。他是个慈祥庄重的绅士。”

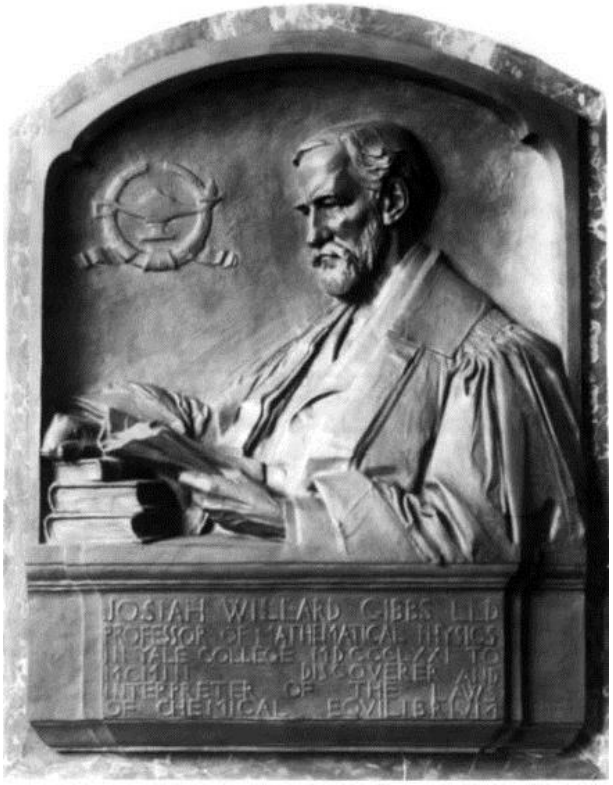
吉布斯的另一个学生林德·惠勒（Lynde Wheeler）描述过晚年的吉布斯：“他的衣着总是整洁得体。在街上，他常会戴一顶毡帽，但从来不会展现出那种有时被认为是天才们与生俱来的怪异举止……他为人诚恳而又不会过分热情，显示出他天性中的那份质朴与真诚。”

吉布斯还有一位非常出色的学生，就是无线电技术的先驱者李·德富雷斯特（Lee De Forest）。这位成功的学生被誉为“无线电之父”、“电视始祖”、“电子管之父”（真空三极管的发明者）。德富雷斯特坦言，他寻求电磁波和电磁振荡理论突破的思想来自于导师。

吉布斯的学生亨利·巴姆斯特德（Henry Bumstead）在《美国科学杂志》刊登讣告时评说："他举止不事张扬，性情和蔼，与人为善，从不急躁恼怒，毫无个人野心和权力欲望。他一直朝着成为一名无私的基督教徒绅士的理想而努力。在了解他的人们的心目中，他美好而又尊贵的人格绝不逊色于他科学事业上的伟大成就。"

尽管吉布斯自己的学生不多，却有不少其他领域的著名学者与他有过师生之谊。1891 年，吉布斯审评了后来成为美国第一位数理经济学家的欧文·费雪（Irving Fisher）的博士论文。吉布斯去世后，心存感激的费雪资助了其全部著作的出版。

在学生们的怀念和回忆中，他们特别喜欢导师经常课余带他们去爬山。吉布斯认为登山者与物理学家有许多很相似的特质：他们都耐得住孤单的旅程，总是向最高峰挑战，仔细地规划行进路径，并在艰难的攀登中自得其乐。



吉布斯青铜纪念像（耶鲁大学吉布斯实验室入口处）