

## 开尔文，一个说自己失败的成功科学家

陈关荣

许多理工科学者和学生都知道“一位智者”和“两朵乌云”的故事。

这两个故事分别发生在十九世纪和二十世纪之初。

由伽利略（Galileo Galilei, 1564-1642）和牛顿（Sir Isaac Newton, 1642-1727）等科学家于十七世纪创立的经典物理学，经过了十八世纪的充实和拓展，到十九世纪初趋于成熟并逐步形成了一个包括力、热、声、光、电、磁等学科的完整理论体系。尤其是作为经典物理学三大支柱的经典力学、经典电动力学、经典热力学和统计力学渐臻完善。这些丰硕成果让当年的物理学家和数学家们感叹不已。

1814年，数学家拉普拉斯（Pierre-Simon Laplace, 1749-1827）在他的名著《关于概率的哲学论文》（*Essai philosophique sur les probabilités*）中谈及“一位智者”：

“我们可以将当前的宇宙状态视为过去留下的结果和未来发生的原因。一位智者在某个时刻便会知道使自然运动的所有力以及组成自然的所有物体的所有位置。如果该智者有足够的睿智将这些数据加以分析，他就可以把宇宙中最大物体和最小原子的运动全部包含在一个公式中。对于这位智者来说，没有什么是不确定的：就像过去一样，未来也将呈现在他的眼前。”

拉普拉斯的这个段话被后人笑为“妄谈”（Demon），因为他的预言被后来发展起来的热力学、量子力学以及混沌理论彻底地否定了。

时间不知不觉过了将近一个世纪。1900年4月27日，物理学家开尔文勋爵（Lord Kelvin）威廉·汤姆森（William Thomson, 1824-1907）在英国皇家学会题为“遮盖热和光的动力学理论的十九世纪乌云”演讲中说：

“把热和光解释为运动形态的动力学理论是如此之清晰美丽，最近却被两朵乌云笼罩着。第一朵由菲涅耳（Augustin-Jean Fresnel）和托马斯·杨（Thomas Young）关于光的波动理论引出，问题是地球如何在本质上是以太这样的弹性固体中穿行？第二朵则是关于能量均分的波尔兹曼-麦克斯韦（Boltzmann-Maxwell）学说。”

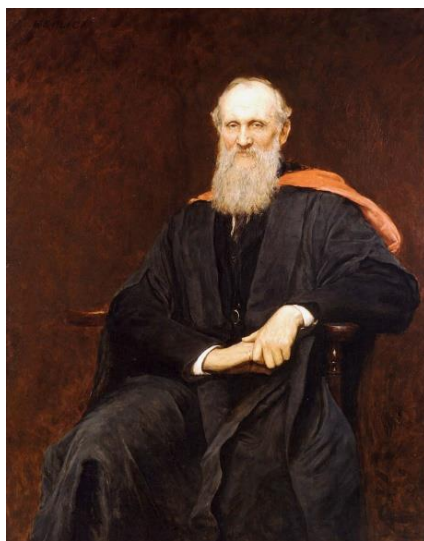
开尔文指的是当时经典物理学无法解释的两个实验：以太漂移实验和热辐射实验。第一个实验是1887年由迈克尔逊（Albert Michelson）和莫雷（Edward Morley）在美国用干涉仪测量互相垂直的两束光时，发现光速在不同惯性系和不同方向上都是相同的。他们作出了“以太漂移速度为零”的结论，由此否认了绝对静止参考坐标和以太的存在。这里的以太（aether）是亚里士多德（Aristotle）、牛顿、麦克斯韦等一批哲人科学家信奉的光、

电、磁甚至机械运动的共同载体。第二个实验是基尔霍夫（Gustav Kirchhoff）和普朗克（Max Planck）等人总结出来的定律：温度在绝对零度以上的任何物体都会有热辐射，为此它需要从外界吸收辐射的能量。这两个实验结果与当时经典物理学中相关的理论和公式都不相符合。

可是到了二十世纪开尔文去世后，这两朵乌云不但没有转化为两场黑雨，反而拱出了两个艳阳：前者引出了相对论，后者催生了量子力学。

当然，对这两位科学巨匠的话，后人有不同的诠释。与许多人从负面去理解这两位先哲言论的视角相反，有一些学者从正面来理解他们，认为他们只是表达了对所论议题的疑惑和担忧。理由是，开尔文在波动和涡流理论方面作出过许多贡献，并试图把电、磁和光的完整理论在牛顿经典力学的构架上建造起来，因此他热心于以太理论并把假想的以太当作一种实际存在的物质加以研究。由此推知，他只是对“以太漂移速度为零”的实验引出的结论忧心忡忡。此外，开尔文在此演说之前曾经说过：“实际上不存在波尔兹曼-麦克斯韦学说与气体比热真实情况相符的可能性”以及“达到所期望的[能量均分]结果的最简单途径就是否定这一结论”。

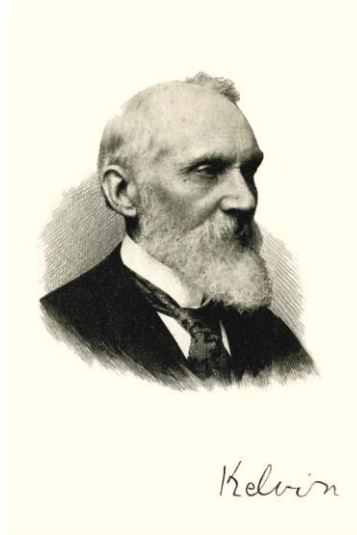
今天我们不去参与那场辩论，只回顾一下当年看到两朵乌云的开尔文勋爵和他的轶事。



开尔文勋爵

(1824年6月26日 - 1907年12月17日)

开尔文勋爵的原名是威廉·汤姆森（William Thomson）。他42岁时获皇室册封爵士、68岁时获英女皇亲自敕封为“第一代开尔文男爵”（First Baron Kelvin）即开尔文勋爵（Lord Kelvin），其中“开尔文”取自他工作和生活的格拉斯哥（Glasgow）城中河流和丛林的名字（Kelvin River, Kelvin Grove）。这次晋封让他成为英国历史上第一位进入上议院的自然科学家。



1824年6月26日，开尔文出生在爱尔兰北部的Belfast镇。1832年，父亲詹姆斯（James Thomson）应聘到苏格兰的格拉斯哥大学（University of Glasgow）担任数学教授，全家随之移民英国。

1834年，10岁的开尔文成为了格拉斯哥大学最年轻的大学生。有趣的是，好学的他75岁退休后又再注册成为该校年纪最老的（物理学）研究生，不过那是后话。

1839年，在格拉斯哥大学一门天文学课程中，开尔文以题为“Essay on the figure of the Earth”的文章获一等奖。同年，开尔文阅读了爱丁堡大学（University of Edinburgh）数学教授凯兰德（Philip Kelland）的书《热学的解析理论》，但不认同作者关于傅里叶级数在跳变边界上有不稳定性因此它不可能被用于求解描述热流的偏微分方程的观点。开尔文严格地证明了相反的结论，从而发表了第一篇论文。这篇由15岁大学生拟写的学术论文，后来开辟了经典连续介质物理学的新领域。

1841年，他转学到了剑桥大学。接下来三年里，他在剑桥哲学学会会刊上发表了3篇关于热和电的数学分析论文。

1845年初，开尔文阅读了数学家墨菲（Robert Murphy）在剑桥哲学学会会刊上的一篇文章，并注意到文献中引用了格林（George Green）的重要文章“An essay on the application of mathematical analysis to the theories of electricity and magnetism”，随后从教练霍普金斯（William Hopkins）手中借得了格林这篇论文的传本。适逢开尔文赴法国访学，他在巴黎向数学家刘维尔（Joseph Liouville）和斯图姆（Charles-Francois Sturm）推介了格林的论文。格林这篇72页的论文最后于1850年由德国数学家克雷尔（August Leopold Crelle）在他创办和主编的《纯粹数学与应用数学杂志》上分三期（1850，1852，1854年）正式发表，开尔文为之撰写了介绍格林生平与工作的导言，尽管那时格林已经辞世十多年了。傅里叶和格林的工作让开尔文把固体中的热流和导体中的电流联系起来，发展了自己的创新理论和研究。

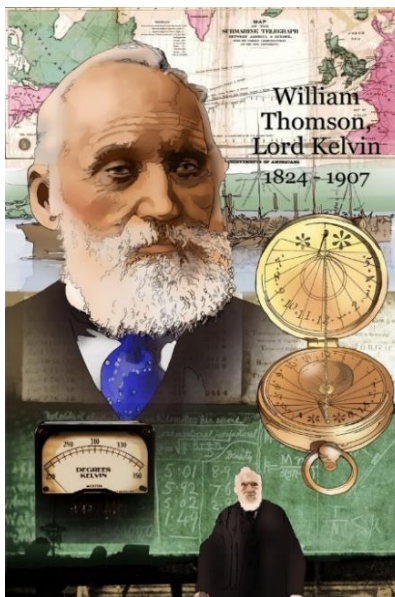
1845 年，开尔文以优等生 Wrangler 的称号毕业，并赢得了 Smith 奖。该奖项是对原创性研究的嘉许，数学家斯托克斯 (George Stokes) 1841 年从剑桥毕业时也获得过这个奖。其时，开尔文最重要的工作是后来很有影响的论文 “On the mathematical theory of electricity in equilibrium”。这一年，他有幸结识了法拉第 (Michael Faraday)。法拉第把自己用来显示和解释光电关系的一块特制玻璃片送了给他作为礼物。

1846 年，22 岁的开尔文带着二十多篇已发表的高水平论文受聘于格拉斯哥大学，成为物理学教授。

1847 年，开尔文发表了著名论文 “On an absolute thermometric scale founded on Carnot's theory of the motive power of heat, and calculated from Regnault's observations”，报告了他第一次发现的温度下限，进而定义了绝对零度并引进了热力学温标。这个绝对温标也称为开尔文温标，单位为 “开尔文” (Kelvin, K)。每变化 1 K 相当于变化 1 °C，但彼此计算起点不同，而  $0 \text{ K} = -273.15 \text{ °C}$ 。他还把 Thermodynamics (热力学) 这一术语引进了物理学词典和教科书。

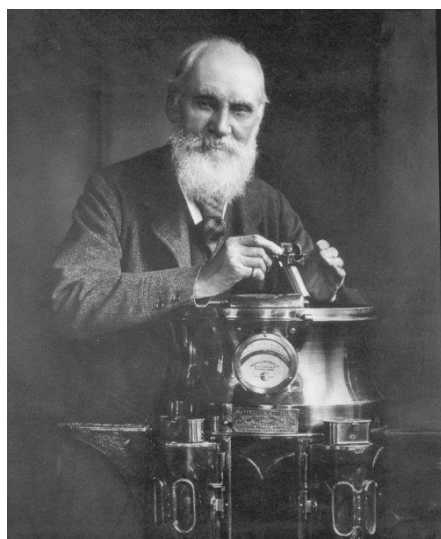
1851-1854 年间，开尔文解释并论证了热力学中的两条重要定律：焦耳 (James Joule) 的热平衡定律和卡诺-克劳修斯 (Carnot-Clausius) 的热转换定律。他将第一和第二热力学定律公式化，从而建立了现代热力学的理论基础。他后来被誉为 “现代热力学之父” (以区别于 “热力学之父” 尼古拉·卡诺, Nicolas Carnot, 1796-1832)。期间，开尔文从理论上预言了一种温差电效应，就是当电流在温度不均匀的导体上通过时导体吸收热量的效应，即著名的 “汤姆森效应”。他还和焦耳合作，研究了气体通过多孔塞膨胀后温度改变的现象，后来成为工业上制造液态空气的重要依据，即熟知的 “焦耳-汤姆森效应” 或 “开尔文-焦耳效应”。

1851 年，27 岁的开尔文当选为英国皇家学会院士和瑞典皇家科学院外籍院士。



开尔文在电学的数学分析方面有重要贡献。1849年，他推导出了两个带电球体之间吸引力的解析解，成果于1853年发表在《Philosophical Magazine》。该杂志1798年创刊，是最早的科学期刊之一，当年法拉第、焦耳、麦克斯韦等物理学家都在那里发表过奠基性的论文。这段时间里，开尔文还研究了静电和静磁的测量方法及基础理论，探讨了莱顿瓶（Leyden Jar）放电振荡现象，并引进了计算电磁场的镜像法。他还研究过蓄电池、交流电机和电报机等工程问题，以及大气电学等现象，并在《自然》杂志上发表过相关论文。开尔文在电工仪器上的主要贡献还有电磁量单位的建立和各种精密测量仪器的设计，包括绝对静电计、开尔文电桥、镜式检流计等。

1856年，开尔文获皇家学会颁发皇家奖章（Royal Medal），该奖章每年颁授给英国两位分别作出“最重要的自然知识贡献”和“应用科学杰出贡献”的个人。



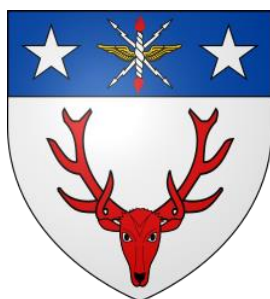
开尔文还是一位出色的工程师。他最有名的一项工作是研究并成功铺设了用于有线电报的越洋海底电缆。1851年世界上有了第一条海底电缆，由大西洋电报公司电器总工程师 Edward Whitehouse 指挥建造，装设在英国与法国之间海峡深水底下。可是，由于电缆太长，信号衰减十分严重以至不可使用。1855年，开尔文研究了电缆中的信号传播，得出了信号传播速度减慢与电缆长度平方成正比的定律。1856年，大西洋电报公司筹划装设横跨大西洋的海底电缆，任命开尔文为公司董事和工程顾问。1857年8月，开尔文登上了 Agamemnon 号电缆敷设船出海远航。可是，他们航行了约 380 英里后电缆便被拉断，告败而归。不过，作为科学家的开尔文后来在《Engineer》杂志上发表了一篇论文，建立了一套海底电缆的应力理论。1865年，他随 SS Great Eastern 号远洋船再次出海，铺设第二条电缆。然而尝试再遭失败，而且这次连电缆都沉没失踪了，费了许多周折到第二年才从深海里把它捞回来。开尔文及其团队没有气馁，经过不懈努力，最后成功地铺设了两大洲（爱尔兰和加拿大 Newfoundland）之间的海底电缆，让越洋有线电报通讯成为现实。

期间，开尔文开发了一套完整的电报系统，能够每 3.5 秒钟发送一个字母。他还发明了虹吸记录仪，用来自动记录电报信号。开尔文又改进了航海用的罗盘和测量海底深度的仪器。在和海洋打交道的十多年期间，他还发明了潮汐分析器和潮汐预报器。多年之后，他又几次随船出海，甚至到过北大西洋中部的马德拉（Madeira）群岛以及巴西海岸。



开尔文航海船罗盘

1892 年，为表彰他在电缆工程和电报技术方面的卓越成就和科学贡献，维多利亚女王亲自加冕他为第一代开尔文男爵（First Baron Kelvin），即开尔文勋爵（Lord Kelvin）。



开尔文勋爵的纹章

1860 年冬，有一天开尔文在冰上行走时不小心滑倒，导致腿部严重骨折，自此一生跛行。

1861 年，英国科学协会（British Science Association）根据开尔文的建议设立了一个电学标准委员会，为一些电学单位制定统一标准。多年以后，在 1893 年芝加哥召开的国际电学大会上，开尔文提出了采用伏特、安培、法拉和欧姆等作为电学的基本单位。这些国际标准获得通过并被沿用至今。

1867年，开尔文和格拉斯哥大学的同事兰金（William Rankine）一起，把托马斯·杨引进的“能量”（energy）概念清楚地分为“动能”和“势能”。开尔文又和格拉斯哥大学另一位同事泰特（Peter Tait）合著了第一本数学物理教科书《Treatise on Natural Philosophy》。

1873-1878年，1886-1890年和1895-1907年期间，开尔文三次出任爱丁堡皇家学会会长。

1881年，开尔文被授予法国荣誉勋章（Légion d'honneur）。这一年，他用106个电灯泡把他在格拉斯哥的房子照得通明，无意中让它成为世界上第一间完全电灯照明的示范居屋。

1883年，开尔文荣获英国皇家学会的科普利奖章（Copley Medal）。这是世界上最古老最著名的科学奖，始于1731年，获奖者包括富兰克林、哈密顿、高斯、法拉第、亥姆霍兹、吉布斯、门捷列夫、卢瑟福、爱因斯坦、普朗克、波恩、哈代、狄拉克、霍金、罗伯特·梅、希格斯等名人。

1884年，开尔文被普鲁士授予功勋骑士勳章（Eisernes Kreuz）。同年，他和格拉斯哥设备商James White联手成立了一家公司Kelvin and James White Ltd.，主要生产和销售开尔文设计的航海罗盘。该产品是世界上第一个能精确地对准地球磁场北极的航海罗盘，称为开尔文罗盘。

1889年，他获得法国荣誉大军官勋章（Grand Officier）。

1890年，他获得比利时利奥波德勋章（Order of Leopold）。

1890-1894年，他出任英国皇家学会会长。

1893年，开尔文领导的一个国际委员会拟定了美国尼亚加拉瀑布（Niagara Waterfalls）发电站的设计。尽管他认为直流电系统更为优越，他依然赞同项目负责人、大西洋电报公司电器总工程师Edward Westinghouse的交流电系统计划并批准付之实施，大获成功。

1902年，开尔文被任命为英国枢密院（Her Majesty's Most Honourable Privy Council）顾问，并成为皇家功绩勋章（Order of Merit）的第一批受勋者。同年，他荣获美国耶鲁大学荣誉法学博士学位。

1904年，他出任格拉斯哥大学校长。在任期间，他建立了英国第一个让学生使用的物理实验室。

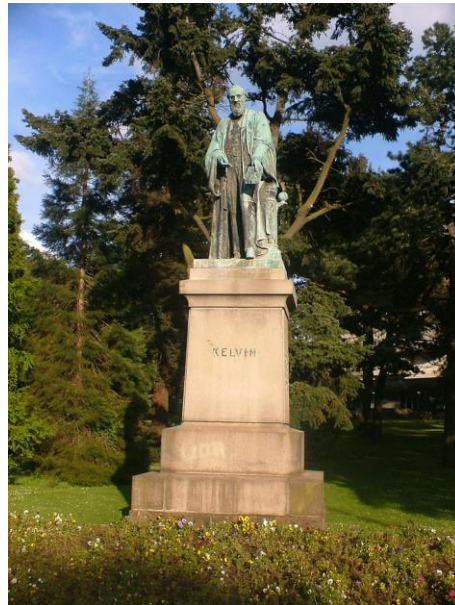
1906年，他出任第一届国际电工技术委员会（International Electrotechnical Commission）主席。该组织是世界上最早的国际标准化机构，负责有关电子和电气工程领域中的国际标准化工作。在他领导下，委员会制定了电学的多种基本单位和统一标准。

据统计，开尔文一生发表了650多篇科学论文并申请过75项技术专利。

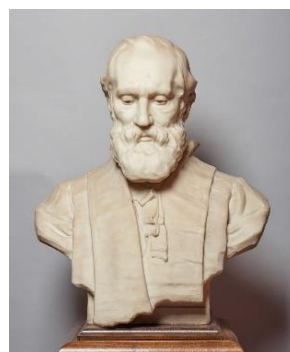
1907年11月，开尔文得了一场重感冒，随后健康状况急速恶化。12月17日，他逝世于苏格兰Ayrshire郡的家中，享年83岁。

开尔文去世后被安置在伦敦西敏寺（Westminster Abbey）内的牛顿墓旁。纪念他的塑像矗立在格拉斯哥大墓地Thomson家族区域内，供后人景仰。为了纪念开尔文，他的头像被

印在 Clydesdale 银行 1971 年发行的 £ 20 钞票上，后来又被印在 2015 年发行的 £ 100 钞票上。2011 年，苏格兰工程名人堂成立，他是第一批七名入选者之一。



1924 年 7 月 1 日，英国皇家学会在伦敦举行了开尔文 100 周年诞辰纪念会。英国电机学会会长、国家物理实验室董事长格莱兹布鲁克 (Sir Richard Glazebrook) 致词，说“大家可以想想，没有开尔文的话，这个世界就没有‘厘米-克-秒’单位系统、热力学第二定律的现代科学描述、交流电原理、有线电报、镜式检流计、开尔文罗盘、海洋水深探测仪等等。”当然，致辞简短，他只提及了开尔文的几项贡献，而今天教科书里能找到的还由许多：绝对零度、汤姆森效应、开尔文-焦耳效应、开尔文电桥、热电效应、磁阻效应、动能概念，虹吸记录仪、开尔文-沃格特 (Voigt) 模型、潮汐预测机、开尔文滴水起电机、开尔文波、开尔文变换、开尔文函数、开尔文-亥姆霍兹 (Helmholtz) 不稳定性、开尔文-亥姆霍兹机制、开尔文环流定理、开尔文-斯托克斯定理、开尔文方程等等。





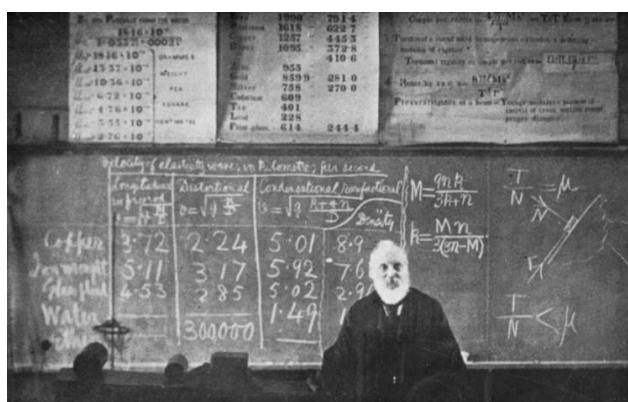
像许多敢于质疑和勇于创新的科学家一样，开尔文对新理论和新技术的认知过程也出现过差错。

1895年，伦琴（Wilhelm Röntgen）宣布发现了X-射线。但开尔文高度怀疑，甚至认为那是个恶作剧。1896年1月17日，伦琴给他寄去一份回忆录、论文和X光照片。开尔文毕竟是个科学家，他给伦琴回了信：“不用说当我阅读到你的信息时有多么的惊讶和高兴。我只能说：衷心祝贺你的伟大发现。”同年5月，他还给自己的手做了X光照片检查。

开尔文对实用航空的可能性一直持有否定态度。1896年，他拒绝了加入航空科学学会的邀请，说：“对于热气球以外的航空，我还没有像最小‘微粒’那么大的一丁点信心，或者去期待我们听说的试验会有什么好的结果。”在1902年的一次报社访谈中，他说：“热气球和飞机将永远不会在实用层面上成功。”1907年开尔文去世，自然不知道他当年说的“永远”并不永远。

开尔文是个虔诚的基督教徒，他认为宗教信仰是对他科学研究的动力和支持。从这一观念出发，他在耳顺之年后花了不少时间和精力去研究地球的年龄并与地质学家和生物学家长期争论。他认为引力收缩是天体的唯一能源，假如没有其他热源的话，地球从初始液态演化到今天这种状态的时间不会超过一亿年。然而，他去世后出现的放射性碳测年法彻底推翻了他的估算。1898年，开尔文通过计算预测地球上只剩下四百多年的氧气供应了，颇为悲观。当然，那个时代人们尚未清楚光合作用和氧循环机理，后人不必去责怪他。

1896年，在格拉斯哥大学庆贺他从教50周年的座谈会上，开尔文致辞说：“如果要用一个词来代表我55年来坚持不懈地为科学发展所做出最艰难的努力，这个词就是‘失败’。今天我对电磁力或以太、对电与未知物之间的关系，以及对化学亲和性的了解，并不比我50年前第一次担任教授时尝试向我的自然科学专业学生传授的知识更多。...伤感的部分原因是失败带来的。但是，在追求科学的过程中我们本来就需要付出努力。这会使科学家乐在其中而免于陷入完全的悲哀，甚至会令他在日常工作中感到颇为愉快。”

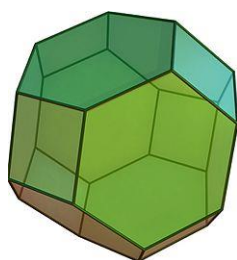


像许多科学家一样，开尔文常怀好奇之心。他曾经说过：“如果你吹一个肥皂泡然后进行观察，那么你可以对它进行一生的研究并且能够从中得到一个又一个的物理定律。”

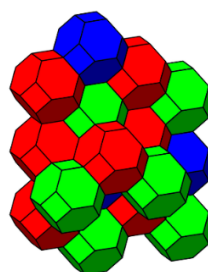
1887 年，他提出了一个似乎是很初等的空间填充几何问题：如果我们试图将三维空间剖分为许多个完全一样并具有指定体积的胞体，使得两两相邻胞体之间没有空隙并且彼此之间的接触总面积为最小，那么这些胞体应该是什么形状的呢？

在二维平面上，数学家们很早就推测到了答案，它们是像蜜蜂窝那样的正六边形模块。因此，该二维问题也称为蜂窝问题。但是，这个直观的答案只是一个猜想，直到 1999 年才由数学家托马斯·黑尔斯 (Thomas C. Hales) 给出数学证明。

开尔文在 1887 年 11 月 4 日猜测到了三维问题的一个可能答案，它们是由 14 个面组成的对称胞体，其中 6 个面是正 4 边形，8 个面是正 6 边形。这个胞体被称为开尔文单元或开尔文胞体，那是最对称最优美的三维单元结构之一。但是，这个三维问题让数学家们费尽了脑筋而无从严格证明。因此，后来它被称为开尔文泡沫结构猜想或者开尔文问题。



开尔文胞体



开尔文胞体阵列

1993 年，物理学家 Denis Weaire 和他的学生 Robert Phelan 否定了开尔文猜想。他们构造了一种更复杂的新胞体，其结构对称性远不如开尔文胞体，但相邻接触面积却减少了 0.3%。2008 年北京奥林匹克运动场的游泳中心“水立方”的设计就采用了这种 Weaire-Phelan 泡沫图案。之后，尽管数学家们一直在努力，例如 2009 年，年轻物理学家 Ruggero Gambielli 提出了一种可能改进方案，但至今依然没有人知道最优解是什么样子的胞体或泡沫，更无从给出严格的数学证明。

我们可以猜测，如果开尔文沉睡五百年后醒来，他的第一句话会问：我的问题解决了没有？



2008 年奥运会游泳中心“水立方”（北京）