

物理学史中的四月

1762年4月23日：布拉克和潜热
消失的热和没有吠叫的狗

(译自 *APS News*, 2012年4月)

萧如珀¹ 杨信男² 译

(1 自由业; 2 台湾大学物理系 10617)

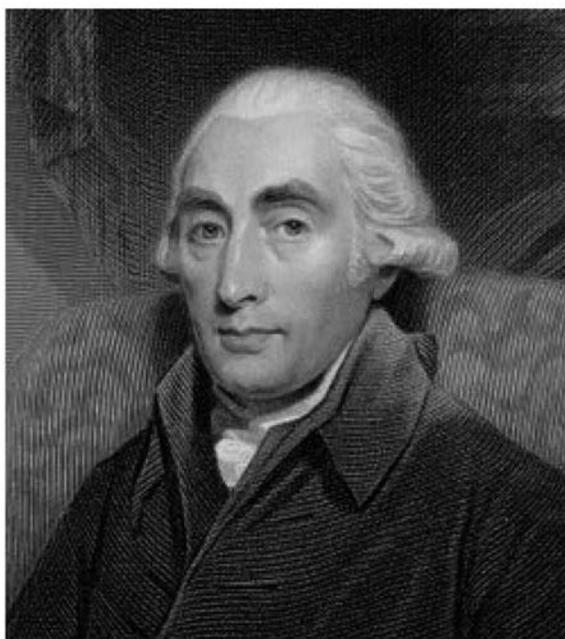


人类自古以来最自然的本能之一，即是靠着触觉来分辨东西是否是热的；东西感觉热热的，是因为它的能含量，“显热”。然而有一种更微妙的热形式，大家后来才知道；我们无法经由触觉来察觉，但我们的四周都随处可见它存在的证据。

例如，冰的融化吸收大量的热，但温度并没有任何上升；又如水的蒸发吸收更多的热，但温度也没改变。当过程反过来，水结成冰或水蒸气凝结成液体时，这种“潜热”就

会回到四周环境。冰和水蒸气中储存的潜热对于天气和气候有很深度的影响。

早期的科学家无法理解潜热的概念，只知道它似乎消失了，然后却会在别的地方又出现。更糟的是，在那时，热和温度的区别不甚清楚，用来测量它们的仪器又简陋不可靠。但最后，潜热的怪异行为被一位谦虚的苏格兰科学家布拉克 (Joseph black) 以敏锐的科学洞悉力，很高明地解开了。布拉克，



布拉克 (Joseph Black)

1728年生，1799年过世，他在大家都不清楚，也似乎毫不相关的事证中领悟出深奥的真理。

布拉克被物理学家 (华氏温度的) 华伦海特 (Gabriel Daniel Fahrenheit) 的过冷水观测吸引，而注意到潜热的难题。华伦海特报告，现在众所周知的事实说：水可以过度冷却，或冷却至冰点以下，而不会结成冰；然而，只要摇一下，过冷水马上就结成冰，温度也会上升至凝固点。

布拉克思考华伦海特的实验，以及他自己对缓慢融冰的观测。总括来说，这两件事都说明了，当冰融解时会吸收大量的热，而当水结成冰时也会释放出等量的热。这个简单的深层领悟，他很快地了解说，一定存在有某一种热形式，当水改变形态时会神秘地消失，之后再出现。布拉克的论点有一部分是基于他实际并未看到所预期的事发生。(名侦探福尔摩斯利用相似的逻辑解决了一个悬疑案子，他

注意到狗在案发现场应该叫，而没吠叫。)

在布拉克的研究之前，科学家认为如果将一块很冷的冰加热到凝固点的话，只要再加微量的热就可将冰块完全融化，布拉克证明大家所预期的事并没发生。在上课的示范中，他说明等重量的冰和水，当两者都是0℃，同样受讲堂的空气暖化，却出现了不同的反应；一段时间以后，水增温了许多度，冰却未如预期的融化，大部分仍是冰，

只有少量的水，温度是 0°C 。他采用缺乏预期效应，“没有吠叫的狗”，来说明他的看法。

布拉克指出，大自然在融冰或融雪时会产生重要的潜热效应，“假如冰或雪要完全变成水只需要再加很少量的热，整片冰雪，虽然很大片，应该也只需要几分钟或几秒钟就会融化，若果真如此，情况就会很恐怖。就目前的情况，大量的融冰或融雪都已经会引发强大的洪流，假若冰或雪会突然地融化，那么洪流将更加可怕，无法比拟。”布拉克所发现的潜热大幅地减慢了雪和冰的融化，他最先将此研究于 1762 年 4 月 23 日在格拉斯哥大学（University of Glasgow）提出。

布拉克证实了融冰时有潜热的存在后，他转而研究水的蒸发。他的演讲笔记中写着：假如在沸水中加入小量的热就会将水全转变成蒸汽的话，“那么会产生水的爆炸，威力等同火药，这是无可回避的后果。”因为那不曾发生，所以他下

结论说，纵使温度没有改变，但一定需要加入大量的热，“所以我给它命名为潜热（latent heat）。”

潜热的概念很快地应用到工业上，瓦特（James Watt）是布拉克的学生，和布拉克合作研究。瓦特早期对潜热的知识让他可以操作蒸汽机的热，将简陋、效率差的机器改良成工业时代强大的驱动机。而且，了解潜热可让人设计出热绝缘的方法，可以将冰储存好几个月不会融化，甚至在最热的气候中。当时美国还出现一种产业，将冬天北方湖泊的冰切割下来，用船运至古巴、印度和其他温暖的地区。在 19 世纪初，冰是美国仅次于棉花最重要的出口品之一。作家梭罗（Henry David Thoreau）是对科技极尽无情的批评者，他于 1854 年以一个句子表达了他对冰外销以及蒸汽机的鄙视：“大家认为美国需要商业、冰外销、…以及每小时奔驰 30 英里，…假如不兴建铁路，我们要怎么及时到达天堂？”

布拉克出生于 1728 年 4 月 16 日，家中有 12 个小孩。他的父亲强迫他去念医学，于是他到格拉斯哥大学注册，于 1754 年在爱丁堡大学获得医学学位。之后，布拉克到格拉斯哥大学任职，在那里完成了大部分的发现。他很少发表他的研究结果，大家主要经由他的公开演讲，以及学生们听讲时详细做的笔记而得知。除了潜热的发现外，他是第一个阐明比热的概念，并说明它从一个物质到另一个物质如何不同。他还发现了二氧化碳，并说明它和其他气体以及碳酸盐矿物质的关系。最后，他到更有名望的爱丁堡大学任职，他的讲课技巧很著名，是精确有序的表率，上课示范实验，总是很成功，吸引各个领域的许多学生来听讲。

布拉克于 1799 年安详辞世。

（本文转载自 2014 年 4 月《物理双月刊》，网址：<http://psoc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>；Email: snyang@phys.ntu.edu.tw）

（上接 52 页）但俄罗斯领先于美国。根据目前粒子束武器技术的现状和发展趋势，专家做出这样的估计，到 21 世纪 20～30 年代，粒子束武器可以进行实战化部署；40～50 年代，粒子束武器可能成为一种重要的主战兵器；21 世纪后期，使用粒子束武器作战将成为现实。

从美国和前苏联首次制定粒子束武器计划至今已过去了近 60 年，为何目前我们仍无缘见到粒子束武器的庐山真面目？粒子束武器系统由预警系统、跟踪瞄准系统、指挥控制系统、高能粒子束生成系统和电源系统组成。高能粒子加速

器是难题之一，虽然加速器技术在高能物理学研究中已经相当成熟，但是实验室中那样庞大的加速器是无法在粒子束武器中使用的，因此高能粒子加速器必须小型化。但是粒子束流的能量不能降低，所以高功率电源系统是难题之二，控制粒子束传输是难题之三。而且，在粒子束武器研制过程中取得的任何一次进展，都是以巨额金钱铺就的，经费的严重不足也成为研制粒子束武器的一大阻碍。

粒子束武器最终要走向战场，那么如何有效屏蔽它的攻击呢？一种方法是直接屏蔽，通过在目标表面涂上一定厚度的金属保护层抵御

粒子束流的攻击。一种方法是间接屏蔽，在保护目标以外的某处设置屏蔽层，从而降低粒子束的能量使其难以到达目标或将其干扰转向。直接屏蔽势必要增加被保护目标的重量，使得有效载荷降低，减弱战斗力。间接屏蔽对于中性粒子束武器而言可能是致命的。例如在大气层上部爆炸一枚小型核弹头，迫使一部分空气到达外层空间，产生气体云，以阻止中性粒子束流或使其转向。当然各种屏蔽方法，现在都只限于理论上的探讨，一切皆有待于未来实战中的检验。

粒子束武器是划时代的，然而作为科学成果，这不能不说是人类和科学技术的悲哀！