

物理学史中的十二月



1840 年 12 月：焦耳发表了将机械能 转换成热能的简要论文

(译自 *APS News*, 2009 年 12 月)

萧如珀 杨信男 译

19 世纪初期的科学家相信卡路里理论，这是拉瓦锡 (Antoine Lavoisier) 于 1783 年最先提出的，1824 年卡诺 (Sadi Carnot) 的研究进一步加强了此论点。但一位酿酒者兼业余科学家焦耳却因研究热的本质和其与机械功之间的关系而导致了后来热力学第一定律的诞生。

焦耳 (James Prescott Joule) 于 1818 年出生在酿酒商的家族，因此化学存在他的血统中，科学实验亦是。当时的人描述焦耳兄弟很“敏锐”，他们常做电的实验，相

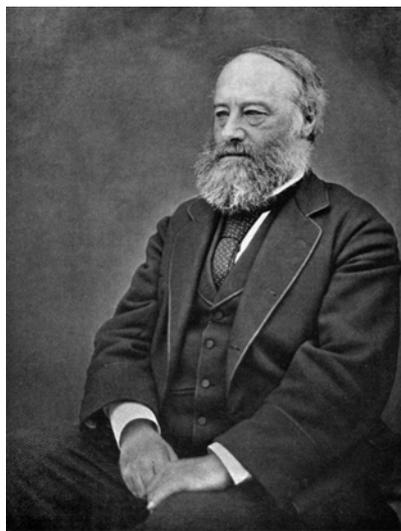


图 1 焦耳

互电击，也在仆人身上做试验。两兄弟由家教在家中教导学习，一直到 1834 年他们的父亲才送他们到曼彻斯特文学与哲学学会，跟着当时最重要的化学家之一的道耳顿 (John Dalton) 学习。两年后，道耳顿因中风被迫退休，两兄弟的教育转而委托给戴维斯 (John Davies)。

最终焦耳接管家里酿酒事业的经营，但科学仍是他主要的兴趣。由于他醉心于新兴的热力学，所以就利用废弃材料，在家中装置简单的设备做科学实验，最先测试以最新式、刚刚发明的电动机替代酿酒的蒸汽引擎之可行性。他发现蒸汽机燃烧 1 磅的煤所产生的功 (当时称为“负载”) 是早期电池使用 1 磅锌的 5 倍，对他的酿酒厂来说，还是使用蒸汽机比较划算，他的“实用负载 (功)” 标准是要能使 1 磅的物体提高 1 英尺 (英尺磅, foot-pound)。

焦耳的第一个实验专注于电磁方面，而他很快地就在实验设备方面展现出他的才华：他在 19 岁时

即建造出第一部电磁引擎，还改进了电流计以测量电流。受到道耳顿的影响，焦耳是极少数赞同原子理论的人，他试着以原子被“震动态的发热以太”包着来解释电和磁。

然而，这种解释和他的实验结果不合，所以他于 1840 年 12 月在《皇家学会会刊》发表了一篇简要论文，提出传送电流的电线所产生的热是由电池中的化学反应所产生的想法；换句话说，在电磁引擎中，热是产生出来的，而不是仅由其他的来源转过来的。他根据他这个研究来阐述“焦耳定律”，说明电线电

流所产生的热量和电线的电阻与电流平方的乘积成正比。

当焦耳在剑桥英国协会会议上宣读论文，说明这些论点时，他下结论说：“让一个磁电机运转所做的机械功经由其产生的感应电流在流经线圈的过程中变成了热；反之，磁电机的原动力来自于让它运转的电池中发生的化学反应所产生的热”。

其后于 1841 年和 1842 年所发表的论文中，焦耳量化了此热效应，说明在线路中因“伏打作用”所产生的总热量和电池堆中所发生的化学反应成正比。至 1843 年 1 月止，他下结论说，他的磁电机能使他将机械能转换成热能。所有的这些研究结果终使焦耳拒绝热的卡路里理论，他还证实了能量的各种不同形式基本上都是相同的，可以从一种改变为另一种，此发现为能量守恒定律，即热力学第一定律奠下了基础。

在焦耳最有名的那个实验中 (图 2)，他在线

和滑轮上加了一些砝码,将它们连到一个置于绝缘水容器里面的明轮上,然后将这些砝码举到适当的高度,再慢慢放掉。当砝码掉下时,明轮就开始转动,搅动着水。此摩擦产生了热,使得水的温度开始上升。

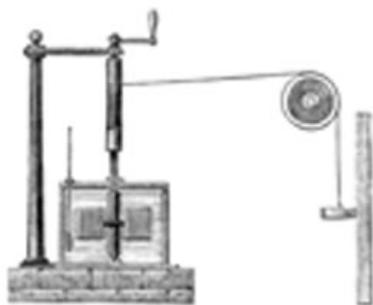


图2 焦耳于1876年测定热功当量所使用的量热计

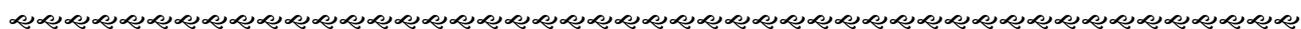
但焦耳如此高精确度的测量却使得有些科学家不愿意接受他的结果,他宣称可以测到华氏1度的 $1/200$,这让19世纪的科学家非常吃惊。有些历史学家推测也许是焦耳酿酒的经验给了他别人所缺乏的实验装置技巧。焦耳也和英国最好的仪器制造商丹瑟(John Benjamin Dancer)合作,建造出高精确度的温度计。愿意接受焦耳研究结果的科学家包括有法拉第(Michael Faraday)和汤姆森(William Thomson,又被称为开尔文勋爵),但他们对焦耳的研究仍存有疑虑。

汤姆森和焦耳终于成为好朋友和科学上的合作

伙伴,汤姆森在他的回忆录中回想起他于1847年到阿尔卑斯山的最高峰白朗峰(Mont Blanc)旅游时,遇到了焦耳和他的新太太阿美丽雅(Amelia),当时焦耳带了一支温度计,宣称要试测出当地瀑布流体运动的热效应。汤姆森几天后在撒朗雀(Sallanches,法国东南部阿尔卑斯山区)的一个小瀑布加入了焦耳做试验,但却“发现此小瀑布都溅成水花”,无法做出有效的测量。往后好几年,焦耳继续做着各种实验,然后将结果寄给汤姆森,汤姆森会从理论上的观点作分析,并建议焦耳可以尝试的下一步实验。他们的合作成果之一是焦耳-汤姆森效应(Joule-Thomson effect),叙述膨胀的气体在某些情形下会因膨胀而冷却。

焦耳于1854年失去了太太和女儿,从此过着相当隐居的生活。他于1889年10月11日过世,墓碑上刻有数字772.55,这是他1878年所测出最准确的热功当量。他的研究工作得到了赏识,英国女王于1878年赐予他抚恤金,以表彰他在科学方面的成就。热功当量值以字母J表示,以纪念焦耳,功的标准单位则是焦耳。

(本文转载自2010年12月《物理双月刊》,网址:<http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>;萧如珀,自由业;杨信男,台湾大学物理系,Email:snyang@phys.ntu.edu.tw)



科苑快讯

LHC 撞出迷你版“宇宙大爆炸”

据英国《每日邮报》11月9日报道,科学家借助欧洲大型强子对撞机(LHC),让铅离子以接近光速对撞,成功创造出了迷你版的“宇宙大爆炸”,产生了一个温度为太阳核心温度100万倍的火球,也意味着产生了夸克—胶子等离子体。根据“宇宙大爆炸”理论,在宇宙大爆炸初期,正是这种夸克—胶子等离子体填满了整个宇宙。科学家表示,该项科研成果将用于解释137亿年前宇宙诞生之初的物质形成过程。

铅离子4日开始注入对撞机,8日11时20分获得铅离子对撞实验所需稳定条件,实验正式开始。实验成功创造出了迷你版“宇宙大爆炸”。

ALICE(LHC的一台探测器)铅离子对撞实验的科学家、伯明翰大学物理学家戴维·埃文斯表示,

他们对这一成就激动万分,实验获得了有史以来最高的温度和密度。这个过程发生在一个安全、可控的环境内,生成了炽热和超稠密的亚原子火球,其温度超过10万亿摄氏度,在这样的温度下,组成原子核的质子和中子会被融化,产生夸克—胶子等离子体。

欧洲核子研究中心主任罗尔夫·霍伊尔解释道,之所以产生如此巨大的能量,是因为铅离子含有28个质子,因此两束铅离子束流被加速后,单束最高能量远高于质子束流能量,达到287万亿电子伏特。

英国理论物理学家约翰·埃利斯自1978年起为欧洲核子研究中心工作,他撰文表示,从严格意义上说,LHC没有重现大爆炸,但它确实成功再现了大爆炸发生后极短时间内宇宙小范围的情形。实验将为宇宙的早期演化研究提供新的线索;也为基础理论物理研究提供新的途径,包括一些由弦理论提出的观点。

(摘编自2010年11月10日《科技日报》)