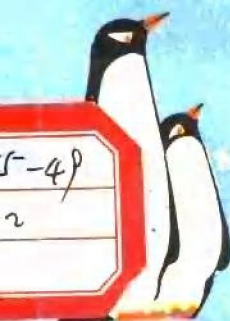


周连亨 编著
卢平安



冷热的知识



计 量 出 版 社

冷 热 的 知 识

周连亨 卢平安 编著

计 量 出 版 社

1983·北京

内 容 提 要

本书用通俗的语言介绍了有关热学的一些知识。从热的本质说起,谈到了物态的变化、热的传播、温度的测量、温标的制定、温度的控制以及高温深冷技术等。既着重基础知识的介绍,也注意某些新技术的引述。

本书可作为温度计量测试工作人员的入门向导,并可供有关科研和工程技术人员参考,也可供具有初中文化程度的物理学爱好者阅读。

冷 热 的 知 识

周连亨 卢平安 编著

责任编辑 窦绪昕

—♦—

计量出版社出版

(北京和平里11×7号)

北京计量印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

—♦—

开本 787×1092 1/32 印张 4 1/8

字数 92 千字 印数 1—15000

1983年8月第一版 1983年8月第一次印刷

统一书号 15210·249

定价 0.45 元

目 录

引题	(1)
一、“简单”的问题不简单	(4)
第一个答案	(4)
伦福德的贡献	(6)
布朗运动泄露了天机	(9)
时至今日	(11)
二、八个为什么	(13)
为什么说热量和温度是不同的概念	(13)
为什么海滨的气候温暖宜人	(14)
为什么火车的“咔嚓”声不能消除	(15)
为什么冬季水中的鱼虾不会冻死	(17)
为什么自然界中的物质一般都以三态存在	(18)
为什么纸盒能化锡	(21)
为什么浸湿的手举在空中就可以辨别风向	(23)
为什么木工师傅隔水化胶	(24)
三、热的旅行	(26)
第一种旅行方式	(26)
第二种旅行方式	(29)
第三种旅行方式	(33)
层层设防	(36)
新奇的“热管”	(38)
四、多少度	(41)
直觉中的错觉	(41)
最初的温度计	(42)
常见的温度计	(44)
气体温度计	(47)
“塞贝克效应”的应用	(49)
利用电阻的变化测温	(50)
巧用晶体管	(51)
水晶与测温	(53)
光学高温计	(54)

温度计的进展.....	(56)
五、一度是怎样定出来的	(59)
最初的温标.....	(59)
理论上的温标.....	(62)
国际上通用的温标.....	(64)
温标的传递.....	(66)
六、让温度保持不变.....	(69)
增减衣服与温度控制.....	(69)
从调温电熨斗说开去.....	(70)
从断续到连续.....	(73)
换态恒温系统.....	(75)
热源和冷源.....	(76)
穿上保暖的外衣.....	(79)
七、奇妙的低温世界	(82)
“永久气体”之谜.....	(82)
逼近绝对零度.....	(83)
攻不克的“堡垒”	(85)
“低温魔术师”	(87)
超导技术前景诱人.....	(90)
从动物的冬眠到生命的冷藏.....	(96)
八、向高温进军.....	(100)
在高温的阶梯上攀登.....	(100)
有“矛”必有“盾”	(105)
高温下的奇迹.....	(110)
九、看不见的热线.....	(117)
赫谢尔盖的发现.....	(117)
热是怎样成象的.....	(119)
热象技术大显身手.....	(121)
远红外加热.....	(124)

引 题

夏暑、冬寒、春温、秋凉，我们就生活在一个冷热的世界里。冷热寒暑对我们来说并不陌生，自古以来人们就懂得抵御冷热的方法：筑屋以御寒、扇扇以纳凉……，同时也不断掌握驾驭冷热、让冷热为人类服务的方法。烧煮食物、加热取暖、炼铁制剑、冰冻食品等，都是人们初始驾驭冷热的例证。

科学发展到今天，人们在征服冷热的道路上已经走得相当遥远，不但掌握了精确的测温 and 控温的方法，而且还可以用人工的方法产生比太阳表面温度还要高得多的高热和接近绝对零度的深冷。科学的奇迹不断地创造出来。

乍一看来，冷热是一个极其普通的问题，并不引人注目，可是如果不去认真对待，它常会让人们付出昂贵以至血的代价。

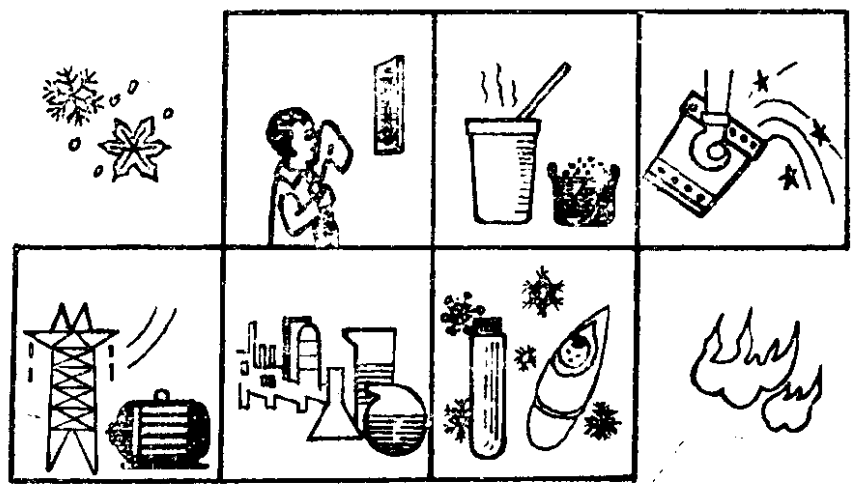
据1980年9月2日《河北日报》报道：河北省粮油食品进出口公司秦皇岛办事处仓库，因管理混乱，使大批出口板栗霉烂变质，其损失折合人民币七十七万元。之所以造成这样大的损失，就是由于没有控制好板栗的存放温度。如果把板栗的存放温度保持在 20°C 以下，它就不会发生霉烂。可是由于管理人员的失职，没有坚持一天两次定时测温的制度，致使垛温超过了 25°C 这个安全线，结果连麻袋都烂出了大窟窿。

1938年冬，严寒袭击北欧，比利时的气温急剧下降至零下 20°C 。刚刚建成不久的哈塞尔特大桥，由于其结构的低温特性不过关，而断成三段，坍入河中。

1954年冬，英国一艘净重为三万二千吨的油轮“世界协和号”，在爱尔兰海遇难，原因是严寒导致船体从中部断裂。

在科学研究中，也有这样的例子。1956年夏天，杨振宁和李政道博士提出了在弱相互作用中的“宇称不守恒”假说，但在证明这一假说时遇到了困难。他们的实验样品是⁶⁰钴，在常温下，⁶⁰钴本身的热运动会干扰实验结果，因此必须把⁶⁰钴冷却到0.01K，使⁶⁰钴的热运动趋于停止。他们克服了重重困难，几经周折，才使实验和超低温技术结合起来，从而证明了在弱相互作用下的“宇称不守恒”理论。

这样的事例不胜枚举。足以证明，在人类的活动中，冷热是一种重要的不可忽视的因素，因此，人们必须研究冷热的学问，掌握制服冷热的方法，让冷热驯服地为人类服务。



图引-1 冷热的应用

在现代人的生活、生产等各项活动中都离不开冷热，这样的例子更是俯拾皆是：在生活中，观察寒暑表以增减衣服，测量病人的体温以判断病情；在农业生产中，谷种浸泡，薄膜育秧，作物生长，红外干燥……都是和冷热分不开的；在工业生产中，冶炼金属，铸造零件，提炼石油，生产

电力，化学合成，工业制冷……哪一样不是冷热在起作用；在科学实验中，太阳能的利用，试管婴儿的诞生，生命的冷藏，低温超导，物质结构的研究，天体的演化，生命的起源……都离不开冷热的学问。

冷热的问题似乎比较简单，其实却大有学问。譬如，冷热究竟是怎么一回事？它的实质是什么？冷热是怎么表示的？怎样测量温度？怎样控制温度？怎样获得高温和深冷？在高温和深冷条件下，物质变成了什么样子？人们怎样利用冷热来造福于人类等等，这一系列的问题就不是很容易回答得出来的。

冷热的学问是一门既老又新的科学，有关它的知识是相当丰富的，专门研究它的就有传热学、热力学、热工学、温度计量学以及现代的高温和低温学等等。在这本书里，我们将通俗地介绍一些有关冷热的知识。

一、“简单”的问题不简单

世界上的事物就是这样，一些看起来很简单的问题，深究起来并不简单，关于冷热的问题就是如此。

冷与热是相对而言的，温水对开水来说是“冷”的，但对同一物质的冰来说又是“热”的；南极洲记录到的最低气温是零下 82.8°C ，可是它对所谓的绝对零度来说，却又是近 190 的度“高温”。如果从绝对零度算起，世间万物都是“热”的。所以，我们谈起冷热来，常以一个“热”字代之。

热是什么？这个问题乍看起来不是很简单吗？可是人们却经过了几千年，才找到比较正确的答案。

第一个答案

人类有史以来就一直和热打交道，特别是在学会用火以后，就更与热分不开了，可是从上古直到十八世纪以前，还没有人能回答热到底是什么这个问题。当然，这并不是说，

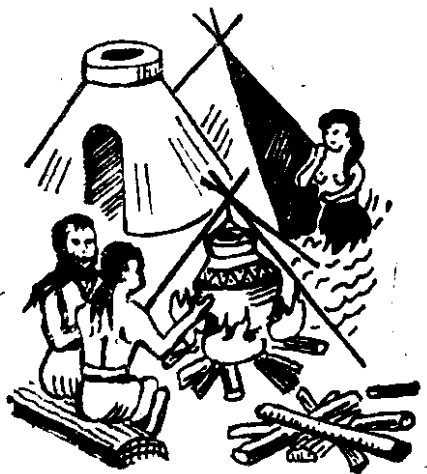


图1-1 原始人烤火

过去没有人注意这个问题，还是在茹毛饮血的年代，人们围坐在闪动的篝火旁，火烤胸前暖，风吹背后寒，也许产生过许多关于热的遐想：多么奇妙的热啊！它到底是什么呢？后来的人也必然想弄清热的真相，但由于古代和中世纪生产及科学还不够发达，当时人们

积累起来的知识还不够丰富，对热只能从宏观的角度了解其现象，还未能深入到它的本质。

直到十八世纪，人类进入了一个文明发展的新阶段，蒸气机的隆隆声打破了往日的沉寂，提供热量的煤大量地从地下开掘出来，航海和贸易也发展起来了，这就迫使人们对水蒸气和其它物质的热性质作深入的研究，从本质上回答热是什么的问题。人们得出的第一个答案就是曾风行一时的“热素说”。

有抗菌素、维生素、叶绿素……可从未听说过“热素”，“热素”是什么呢？

据说当时人们认为：“热素”是一种特殊的没有重量的流动物质，也叫“热质”，热就是由这种“热质”构成的。

“热素”无处不在，无孔不入，它既能和物体结合起来，潜伏在物体中，不影响物体的温度；也可在物体中处于自由状态，使物体的温度有所增减。看来，“热素”这玩艺真有点象西游记里神通广大的孙悟空，它有分身法，到处都有它的行踪；它会筋斗云，能钻天入地，在世间万物里穿行；它有隐身术，能藏在物体中，不动声色，时而又突然出现，给人以捕捉的蛛丝马迹。

“热素说”认为：物体的冷热，完全是由内部所含自由状态的“热素”的多少来决定的，这种“热素”越多，物体就越热。“热素”还有一个只能从较热的物体流向较冷物体的性质，是象水只能从高处流到低处一样。自然界中始终存在着那么多的“热素”，既不能消灭，也不能创生，“热素”是守恒的。

这些就是“热素说”的基本内容，似乎有些道理，但也有些玄虚。当时曾用这种学说解释了一些热学问题，譬如：热的传递问题，物质液化和汽化所需的“潜热”问题，并导



图1-2 有些人
对热素说持有疑义

出了沿用至今的热量单位“卡”，因此在十八世纪初期，“热素说”颇为流行，得到不少自然科学家的承认，可是，也有一些人持有疑义。

在对“热素说”保持独立见解的人当中，应当提到伟大的俄国学者——罗蒙诺索夫，他一开始就否认“热素说”的正确性，在他的论文中曾这样写到：“我首先说明，亚里斯多德之火，或者按着某些新学者的说法，所谓特殊的热质，说这种热质是由一个物体走入另一个物体，这是完全没有道理的，这种说法完全是虚构的。我断言，火和热就是构成物

体的微小部分的旋转运动，特别是物质本身的旋转运动。”

按着现代的说法，物体的微小部分不一定都在作旋转运动，但他却把热和运动联系起来了。给人们指出了寻找热的根源的正确途径。罗蒙诺索夫的思想开始只是理论上的阐述，要得到普遍的承认，尚待实践的证明。

伦 福 德 的 贡 献

你可能见过大炮，揭开炮衣，就可以看到修长乌亮的炮管。现代的炮管是在钢铁厂直

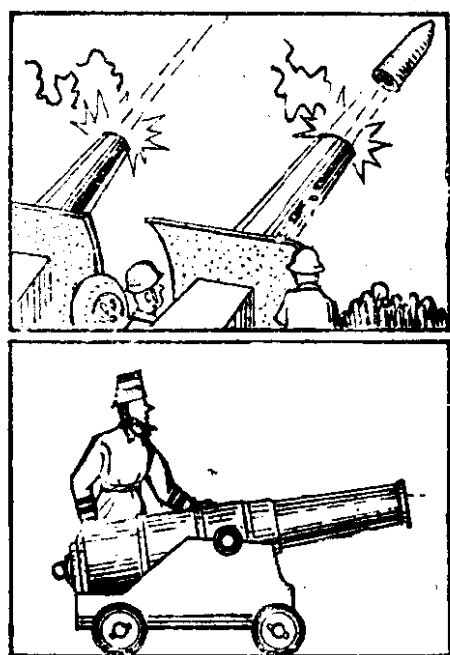


图1-3 今古炮筒

接铸造成型的。可是在十八世纪，炮管的制造远非这么简单，那时的炮管常常是用实心的金属柱子硬钻出来的，在当时的条件下，简直是一件耗功费力的事情。

假如我们能到当时制炮的现场去参观，就可以看到：人们将待加工的金属柱子固定在水中，这是为了散热。用马带动着很钝的钻头，在金属柱上钻削加工，铁屑一点点地掉下来，金属柱子很快地热得发烫，致使周围的水沸腾起来，呼呼地冒着热气……。

在德国巴伐利亚市的一个制炮厂里，有个出名的技师，他叫伦福德，原是美国人，受聘来到这里。

伦福德是一个善于观察、喜欢思考的人，钻铁生热这极平常的现象，引起了他的关注。他发现钻头越钝，钻削量越少，发热越多；炮膛钻得越深，产生的热量也越多。随着钻削加工的进行，热几乎可以无限制地产生出来。他曾做过这样的实验：用一个钝的几乎不能钻削的钻头来加工，观察发热情况，竟能在两小时四十五分钟内，使十八磅左右的水沸腾起来。

按着“热素守恒”的观点，钻头和金属柱子原有的“热素”应该是一定的，在钻削加工时也不应该减少或创生，可是事实却偏偏与此相反，“热素说”遇到了来自实践的挑战。

伦福德经过反复地实验和分析，终于在1798年公布了他的研究成果。他确认：热并不是一种“热质”，而是一种运动形式。他曾这样写到：“……，在推敲这个问题时，我们不能忘记，摩擦所生的热的来源似乎是无穷无尽的。不用说，任何与外界隔绝的一个物体或一系列物体所能无限地、连续地供给的任何东西，决不可能是具体的物体。起码，凡是能够和这些实验中的热一样地激发和传播的东西，除了只

能把它认为是‘运动’之外，我似乎很难构成把它看作为其它东西的任何明确的观念。”

伦福德用实验的方法，有力地支持了罗蒙诺索夫的观点，批判了“热素说”，从而震动了科学界。

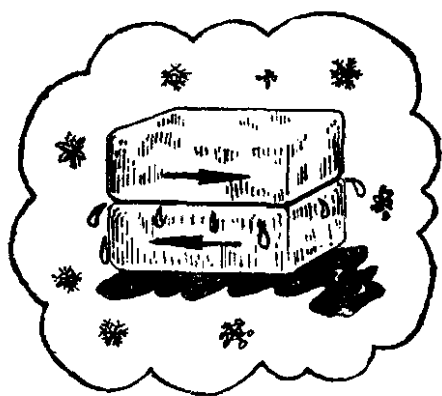


图1-4 摩擦使冰融化

事过一年以后，戴维以另一个实验支持了伦福德的结论。人们都知道要把冰化成水是需要热量的。如果用加热的方法使冰融化，这正好符合了“热素说”的观点。可是戴维用的是另一种方法：他取两块冰，在保持周围环境温度为 -2°C 时，互相摩擦，同样使

冰化成了水。水温为 2°C 。这里所需的热量是从哪里来的呢？“热素说”同样无法解释。看来，热确实不是由什么“热素”构成的，而是一种可由机械运动转化来的能量。

热与运动直接相关，这是确定无疑了，可是热与运动的数量关系又如何呢？为了解决这一问题，人们做了大量实验，其中最为有名的算是英国物理学家焦耳了。他动了不少脑筋，想出了不少办法，并互相验证：用叶片搅动水的方法、撞击的方法、膨胀和压缩的方法，当然还有用电生热的方法，他都分别试过了。前后经过了二十多年的时间，他终于找到了机械能转化为热能的定量关系——热功当量：一卡的热量相当于 4.157 焦耳的功，这与我们现在采用的热功当量的数值 4.1868 焦耳/卡，已经十分相近了。正是由于他在热学中的卓越贡献，在第九届国际权度代表大会的决议中，明确规定以他的名字作为功的单位“焦耳”。他还同时发现了被称为热力学第一定律的能量转化守恒定律，这就彻底地

宣告了“热素说”的破产。

至此，人们已经认识到热是一种运动形式，是物体之间相互传递的一种能量，它与其它形式的能可以相互转换。在认识热的漫长历程中，真正迈出了较大的一步。人们对于热的这种在宏观上的认识是令人满意的，而热到底是一种什么样的运动呢？这还要到微观世界中去找答案。

布朗运动泄露了天机

在一台粗劣的显微镜下，有人在观察什么？啊！原来他正在研究一种浸在水里的植物的花粉微粒。这种微粒实在小得可怜，直径只有万分之几英寸，不借助显微镜，是无论如何也看不到它们的个体的。这已是十九世纪三十年代的事了，这个人就是英国生物学家布朗，他曾这样描写他的实验：



图1-5 观察布朗运动

“当研究浸在水中的这种微粒的形态时，我发现，其中很多的微粒显然是在运动中。这些运动使我确信，它既不是液体的流动产生的，也不是液体的逐渐蒸发产生的，而是属于微粒本身。”

这种现象引起了布朗的极大兴趣，他曾研究了大量的物质，其中包括从埃及的狮身人面像——斯芬克斯身上得来的碎屑。他发现每一种实验物质，都存在着这种运动。后来人们就把这种运动叫作“布朗运动”。

这些微粒为什么莫名其妙地动来动去呢？是谁推着它们来回跑呢？这在当时可真有点神秘的色彩，很多名流、学者都投入到这一研究工作中。有的认为这是由于液体中各部分温度不同引起的，不对；有人认为这是光的作用，也不对；有的认为这是一种化学作用，还是不对；就连布朗本人也被弄糊涂了，只是以他生物学家的眼光认为：“所有的有机和无机物质中，都存在一种生命的基本形式。”这当然也是错误的。

后来，还是发展起来的分子学说和原子学说帮了大忙。直到人们把这种现象跟分子的运动联系起来，才揭开了这一科学之谜，原来推动这些微粒运动的“隐身人”不是别人，正是运动着的液体分子本身。



图1-6 蚂蚁拖食

分子怎样推动微粒作无规则运动呢？你可能见过一群蚂蚁拖着比它们的身体大许多倍的食物的情形：拉过来，推过去，老半天也动不了多远。那些“大力士”们有的往前拉，有

的往后拖，往前拉的多，食物就往前移动，往后拖的多，食物就往后移动，也有时向左或向右……布朗运动的情况跟这差不多，如果把微粒比作食物，那么，运动着的分子就象是一大群蚂蚁。不过，这里不是“拖”而是“推”。

别看液体是均匀透明的，但它也是由无数看不见的分子组成的，这些分子无时无刻不在作无规则运动。被观察的微粒已是足够小了，但是分子还要比它小上千百倍，运动着的分子从四面八方撞击着这些微粒，来自各个方向上的撞击是

不可能相等的，这就必然使微粒失去平衡，哪个方向受到的撞击多，微粒就顺着这个方向运动。显然，微粒运动的方向也在不断地改变着。

对解释热的本质更重要的一点是：人们早已观察到：粒子运动的快慢和液体的热状态密切相关。液体越热，微粒的运动也越激烈，这就表明液体内分子的运动也具有这种性质，液体越热，分子的运动也越激烈，就象热锅上的蚂蚁一样。于是人们就把分子的这种无规则运动叫做热运动。从此，人们把热现象和分子运动紧密地联系起来了。

分子的热运动解释了布朗运动，布朗运动也雄辩地证明了当时还看不见的分子确实在运动着，并与温度密切相关，从而揭示了热的微观性质。

时 至 今 日

到了十九世纪四十年代，英国物理学家格洛夫等人，在总结前人对热的研究成果的基础上，对热的本质作了科学的总结，提出了热的“唯动说”。

“唯动说”认为：组成物质的分子不断地无规则地运动着，这就是热运动；这种运动越激烈，物体就越热，温度就越高；分子既然在运动着，就必然和宏观现象的规律一样，具有动能，物体的冷热状态是直接由物体内部分子的平均动能决定的。平均动能越大，物体就越热，温度就越高。所以说用来衡量物体冷热状态的温度，是物体内分子运动的平均动能的量度。

据说一滴水里就含有 3.3×10^{21} 那么多水分子，我们无法一个个地计算它们的动能，只能用统计的方法研究它们的运动。于是人们在研究热的微观性质的同时，开

辟了一门新的学科——统计物理学，后来发展成为二十世纪的原子物理学。

随着科学技术的发展，人类的认识也不断深化，微观世界的奥秘不断地被揭示出来。现在，人们已经认识到，热运动不仅限于分子，全部的微观粒子（分子、原子、电子……）都与热运动有关。按现在的观点，热运动应是大量微观粒子的无规则运动，这种运动决定了物体的冷热状态。所以说，热是大量微观粒子（主要是分子）无规则运动的集中表现，而用来表示物体冷热程度的温度则是这些微观粒子（主要是分子）无规则运动的平均动能的量度，这就是时至今日人们对热的本质的微观认识。

科学的道路是艰难的，就是这样一个简单的热的本质问题，要认识它，就足足花了人类几千年的时间。只有近代物质结构学说的建立和发展，才有可能得到现在这样的解释。人们总会把隐藏在各种现象背后的本质揭示出来。