

温度世界漫游

Wendushijiemanyou

奚同庚 著

科学普及出版社

5-49

12



温度世界漫游

奚同庚 著

科学普及出版社

内 容 提 要

《温度世界漫游》介绍了与温度有关的物理概念、自然界中千奇百怪的温度现象，以及人们如何利用有关温度的知识向科学进军，改造自然，造福人类所取得的成就和美好前景。

本书内容丰富，深入浅出，生动有趣，能加深中学生对物理概念的理解，有助于培养中学生学习科学的情趣；对于具有中等文化程度的广大干部、工人、知识青年，这也是一本较好的科普读物。

温 度 世 界 漫 游

奚 同 庚 著

责任编辑：田 一

封面设计：奚桂芳

*

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京大兴县孙中印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：2 1/2 字数：52千字

1983年12月第1版 1983年12月第1次印刷

印数：1—10,000册 定价：0.27元

统一书号：13051·1203 本社书号：0345

目 录

一、与温度有关的几个基本概念	1
温度是什么	1
从“热”字的不同含义说起	3
温度和热量	5
热功当量的发现	9
温标种种	11
各种各样测量温度的“尺”	12
二、自然界中的温度	17
星空温度拾零	17
大气层温度揭秘	20
地球的“体温”和热能	22
地球“皮肤”的温度	24
人体的温度	29
体温调节的秘密	30
植物与温度	33
动物与温度	36
三、温度的应用	40
改造世界的武器	40
为治疗肿瘤出力	44
温度和外科手术	47
从核潜艇的“尾巴”说起	49
集成电路的“大夫”	51
调节人造卫星“体温”的“百叶窗”	53
四、超低温和超高温	56
向低温进军的足迹	56

温度低些，再低些！	58
有趣的低温世界	60
失去电阻的导体	61
挡住磁力线的“盾牌”	64
高温是怎样获得的	67
超高温下的奇迹	69
张开幻想的翅膀	72

一、与温度有关的几个基本概念

温度是什么

摩拳擦掌，手便暖热；钻木可以发热而取火；冰冷的铁块经锤子不断敲击，可以热到发红，等等。根据这些事实，1744年罗蒙诺索夫提出，热的充分基础在于运动。

十九世纪三十年代，英国植物学家布朗用显微镜观察到，水中的花粉在永不休止地作着无规则的运动，这就是大家熟知的不依赖任何外界原因的布朗运动。如果对含有固体微粒的溶液加热，就会发现，温度越高，布朗运动就越激烈。

还有人做了另外一个有趣的实验：

把一块金板和一块铅板磨光后紧压在一起，在室温下放置四、五年，结果金和铅就连结在一起了。在显微镜下可观察到，两种金属的原子都越过了自己的“国境线”，分别扩散到另一块金属板里去了，交界面已形成了一薄层均匀的合金。

如果把这两块金属板加热，那就会发现，随着温度的升高，从一块金属板“越境”跑到另一块金属板里去的原子，大大增多了。

上面两个实验告诉我们，物体的温度与分子无规则运动的激烈程度和速度有关。

升高物体的温度，就是增大分子运动的速度，当然分子

的动能也随之增大；反过来也可以说，如果我们用某种方法去增大分子运动的速度或动能，那么物体的温度就会上升。

处于不同温度的同一种物质，例如热水和冷水，它们之间的差别，只是分子运动的平均速度和平均动能不同罢了。

同样，同一物质处于相同的温度，即使它们所处的聚集状态不同，例如 0°C 的冰和 0°C 的水，或者 100°C 的水和 100°C 的水蒸气，水分子的平均动能也完全相等。

那么，处于同一温度的不同物质，例如空气中的氢和氧，它们的分子平均动能也相等吗？要回答这个问题，你不妨自己计算一下。 0°C 时的氢分子的平均速度约为1840米/秒，氧分子的平均速度为460米/秒，它们的质量之比为1:16。把

这些数值代到 $\frac{1}{2}mv^2$ 的公式里进行计算以后，你就会知道，

它们分子平均动能也是相等的。

可见，用来表示物体冷热程度的温度，实质上就是分子平均动能大小的一种量度。

所以我们说，热是物体分子热运动状态的表现，温度的高低直接反映物体分子热运动的情况，是描述物体热运动状态的一个最基本的参量。

爱动脑子的读者也许会问：“高速运动着的物体，动能很大，可为什么它的温度并不高呢？”

这个问题提得很好。

物体的动能和它的分子的动能，完全是两码事。比如说，放在地上静止不动的篮球，相对于地面来说，它没有作机械运动，所以它没有动能。可是组成篮球的分子，依然在永不停息地作无规则的运动，当然具有动能，也具有相应的温度。当篮球被人扔出去的时候，它在作机械运动，有了动

能。可是篮球分子的平均动能仍然基本上没有变化，因而它的温度也和静止放在地面上的篮球相同。

所以，我们千万不能把物体分子的速度和动能，同整个物体的运动速度和动能混为一谈。

从“热”字的不同含义说起

在上一节里我们已经知道，热的本质是物体内分子的无规则运动即热运动，或者说，是物体内部分子热运动状态的表现。然而，在日常生活中，“热”这个字却具有多种含义，甚至在热学中，在不同的场合“热”字的含义也不一样，容易使人混淆。

“把水壶放在炉子上，壶里的水很快就热起来了。”

这句话里的“热”字，显然是指水的冷热程度——温度，即水的温度很快就上升了。

“汽轮机、内燃机等热机在国民经济中的应用是非常广泛的。”

这句话里的“热”字，显然不是表示冷热程度的意思。因为热机不是一种冷热程度或温度的机器，而是利用燃料的热能即内能，转变为机械能的机器。可见，这里的“热”字是表示内能的意思。

“热功当量的数值等于4.1858焦耳/卡。”

这句话里的“热”字，很明显是表示热量的，即1卡的热量相当于4.1858焦耳的功。

“温度、热量和内能是热学中的三个基本概念。”

这句话里热学的“热”字，是指物质分子的热运动。热学是研究大量分子无规则运动所表现出来的热现象的科学。

从上面的“热”字不同的含义里可以发现，温度、热量、内能都与热即物质内分子的无规则运动有关。因此，温度、热量、内能三者之间既有联系又有差别。要了解它们之间的这种“微妙”关系，首先得弄懂内能和热量的物理概念。

大家知道，地面上的物体，由于它跟地球间有相互作用的力而具有势能。举起物体要克服重力做功，物体的势能增加；当物体下落时，重力做功，物体的势能减少。总之，一切相互作用的物体，都具有由它们的相对位置所决定的势能。组成物质的分子也存在着相互作用的力，并且随着距离的不同，有时表现为引力，有时表现为斥力，因此分子也具有由它们的相对位置所决定的势能。我们把物体分子的势能和分子动能的总和，叫做物体的内能。

每一种运动形式，都有相对应的能量。物体的内能就是相应于物体内部分子运动的能量，就象机械能是相应于机械运动的能量，电磁能相应于电磁运动的能量一样。

由于分子的动能与温度有关，分子的势能与分子间距离有关，即与体积有关，因此，物体内能跟温度、体积都有关，当然还与分子的数目有关。对于一个确定的物体，温度升高，除了使分子动能增加外，通常会引起物体的膨胀，从而使分子间距离增大，分子势能增加。因此，一般来说，温度升高会使物体内能增加。

通过怎样的物理过程才可以改变物体的内能呢？

用锤子不断锤击钢块，钢块和锤子都要变热，引起内能的增大。这是由于做功的缘故。

把室温的钢块放在热水中，钢块吸收热量，温度升高，内能增加，同时热水放出热量，温度降低，内能减少。显然

这是由于热水和钢块之间热传递的结果。

由此可见，做功和热传递都可以改变物体的内能。

从上面热水和钢块热传递的例子可以发现，物体内能改变的大小，直接与物体放出或吸收热量的多少有关。这说明，热量是物体热传递过程中内能变化的直接量度。

请注意，可千万别把热量和内能等同起来。假如你说：

“某个物体含有热量”，那可就错啦！热量只有在传递的时候才有意义，传入物体之后，就已经转换成其它形式的能量，就不再有热量的存在了。所以我们只能说：“某个物体含有内能”。平常我们说的某个物体获得或放出若干热量，它的物理含意，是指纯粹由于热传递的结果，物体增加或是减少了若干内能。

热量是用来量度内能的变化了的，那么热量又是怎样量度的呢？按照传统的方法，热量的量度是根据水的温度变化来制定的。使1克纯水从 0°C 升温到 100°C （但不汽化）所需热量的 $1/100$ 叫做1卡路里，简称1卡。1,000卡叫做1千卡。

温 度 和 热 量

由生活经验就可以知道，在炉子上烧水，铝壶里装的水越多，水温升得就越慢。这说明物质被加热时，温度上升的快慢或者高低与物质的质量直接有关。把不同质量的同一物质，升到相同的温度，质量大的要比质量小的吸收较多的热量。

取两只相同的烧杯，一只装200克水，另一只装200克煤油，然后用同样的酒精灯同时进行加热。当你用温度计同时测量水和煤油的温度的时候，就会发现，水的温度要比煤油升得慢。如果要使水和煤油都升到同一温度，加热水的时间

要长，所需要的热量也多。这意味着，使质量相等的不同物质升高到同一温度，所需要的热量也是不等的。

为了表示物体的这种吸热和放热的本领，在热学里面引进了热容量的概念，它表示使物体温度升高 1°C 所需要的热量。

为了比较不同物质吸热和放热的本领，应当采用相同的质量，于是在热学里面又引进了一个新的物理量——比热，它表示单位质量的物质温度升高 1°C 所需要的热量。

比热是物质的一个重要的热物理性质，它好比一根“纽带”，把温度和热量联系起来了。当我们知道了一种物质的比热，就可以根据它温度的升高或降低的数量，测出物质吸收或是放出多少热量。同样，测出物质温度的变化以及相应吸收或放出的热量，就可以求出物质的比热。量热计就是根据这个原理设计的。

自然界中物质的比热，可以说是千差万别，有的还相差很大哩！在室温下，水的比热等于 $1\text{卡/克}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，金属钨的比热却只有 $0.03\text{卡/克}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，水比钨高33倍之多。因此，尽管电灯泡内的钨丝温度高达 $2,000^{\circ}\text{C}$ 以上，暖器里的水还不到 100°C ，可是，暖器的热容量要比电灯泡大得多，放出的热量也多得多。

可见，温度高的物体放出的热量，并不一定比温度低的物体放出的热量大。

在生活中利用比热的例子还有很多。比如，我们有时会看到汽车司机往发动机里灌水。这就是因为发动机汽缸内温度很高，在汽缸和发动机的外壳之间，用比热很大的水形成冷却水套，可大大降低汽缸的温度，保证发动机长期正常工作。

物质获得热量或放出热量，引起温度的升高或降低，还会使它的状态发生变化。

在冬天，早晨的霜在阳光下慢慢化成水；江河和大地的水不断蒸发变成水汽；水汽上升后又会凝结成为云雾，还会形成雨或雪。在自然界中，物质普遍存在着固态、液态、气态之间的相互转化现象。

物质的状态发生改变，需要“动力”——能量。

下面让我们来观察一下萘粉（樟脑粉）的熔解和凝固过程。把萘粉装在容器内并插入一支温度计，然后进行均匀加热。开始时，萘粉的温度逐渐升高，这说明加入的热量转变为萘粉分子的动能。当加热到 80°C 时，就可以看到萘粉中出现第一颗萘的液滴，从这时开始，虽然继续加热萘粉，萘的温度却恒定不变，只是更多的萘粉熔解成液态。这说明，热源传递给它的能量，用来克服萘分子之间的引力做功，使分子间的距离增大，固体结构涣散而显现液态。也就是说，传入的能量转变为萘分子之间的势能，当然萘的温度不会有什么变化。直到全部萘都熔解以后，温度又开始继续上升了。这就是说，传入的能量又转变为萘分子的动能了。如果停止加热，萘就要向环境散热而逐渐冷却，温度也慢慢下降，当降到 80°C 时，在萘液里就能看到有凝固的小萘块出现。这时萘虽然继续放热，但温度不变。直到萘全部凝固后温度才继续下降。

所有晶体的物质也和萘粉一样，在熔解时都要吸收热量，凝固时要放出热量，但是放出或吸收的热量各不相同。为了表示物质的这一特性，于是引入了熔解热这个物理量，它表示单位质量的固态晶体物质在熔点时完全熔解成同温度的液态物质所需要的热量，单位是卡/克。它在数值上也等于

单位质量的液态物质完全凝固为同温度的固态物质所放出的热量，即凝固热。各种物质的熔解热，有的差别很大，例如镁的熔解热就比固体氢要将近大一千倍。

同样，物质从液态转变为气态，即发生汽化过程时，也要克服分子间的引力做功，也要吸收热量。我们把单位质量的液体在温度保持不变的情况下转化为气体时所吸收的热量叫汽化热。与此相反，当物质从气态转变为液态，即发生凝结过程时，就会放出热量，它在数值上与汽化热相等。

当我们打开箱子，会闻到樟脑的味儿。这说明，固体物质不经过液体状态而直接变为气态，这种过程叫做升华。空气中的水蒸气也可以直接变为霜。这种由气态物质不经过液态阶段而直接凝结为固态的过程，叫做凝华。

物质升华要吸热，凝华则要放热。

我们把熔解热、凝固热、汽化热和升华热等统称为潜热。它表示当温度不变时，单位质量的物质从一个相或者状态，转变到另一个相或状态过程中所吸收或放出的热量。

熔解、凝固、汽化、升华和凝华等物质状态转变的过程，都伴随着热量的吸收和释放，这在生产中很有用处。例如，在冷藏车里喷洒液态氮，由于液氮气化吸收大量的热量，可以使车箱内的温度降低到 -40°C 以下。又如1979年，我国浙江地区多次施行人工降雨来帮助消除旱情。人工降雨的一个办法就是把干冰（固体二氧化碳）撒到空中，让它升华直接变成气态，吸收大量的热，降低空气的温度，水蒸气就会以很冷的干冰作为凝结雨珠的核心，凝结成雨点降落下来。再如，1980年我国向南太平洋发射的洲际火箭，由于火箭在下落时速度很快，它的头部与大气剧烈摩擦产生巨大的能量，使头部受到 $5,000^{\circ}\text{C}$ 以上的高温，所以头部必须用一

种特殊的耐热材料制成。这种材料的一个主要特点就是比热、熔解热、汽化热等都特别大。在火箭下落过程中，头部的耐热材料在高温下由于逐渐熔解、汽化而吸收巨大的热量，这样传入火箭里面的热量很少，温度就升得很慢了，从而保证了仪器的正常工作。

热功当量的发现

1798年，美国的伦福德在慕尼黑军事学院指导人们用马转动很钝的钻子钻炮筒。不多一会儿就发现炮筒和钻子的温度越来越高，到后来炮筒周围的冷却水也开始沸腾了。只要钻子不停，热量便不断地产生出来。

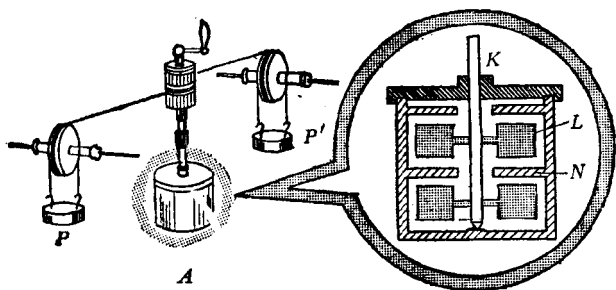
事隔一年，另外一个名叫戴维的人又做了一个有趣的实验：他把两块冰不断地相互摩擦，过了不久，冰便慢慢融化成了水。

伦福德和戴维的实验结果告诉我们，热是和机械运动有关的，但是他们并没有给出热和运动的定量关系。因此，对于热量和运动所作的功之间是否有相当性，还缺乏足够的说服力。

从1804年开始，英国杰出的物理学家们在将近四十年中，先后进行了四百多次实验，来研究和测定热量和功之间的定量关系。

开始时，焦耳用磁电机产生的电流通过导体以产生热量，比较电流所作的功和所得到的热量，从而求出了热功当量的数值。但是，他对这个实验很不满意。直到1840~1849年，他终于在精心设计出来的量热器上，做出了极为成功的实验结果。

下图是焦耳所用的实验装置示意图。量热器A里装满水。



焦耳实验装置

K 是转动轴，轴上安装着叶片 L ， N 是固定在量热器内壁的叶片。在装置的另外一部分，重物 P 和 P' 悬挂在一个跨过定滑轮的绳子上。重物下降时，带动量热器的轴和叶片 L 转动，同时带动水运动。由于固定叶片 N 的阻碍作用，增加了每一层水之间的摩擦，使水和量热器逐渐变热。根据重物的质量 m 和下落高度 h ，就可计算出两个重物下落时所做的功 W ，即 $W = 2mgh$ 。实验终了时，仪器各部分都跟实验前一样是静止的，即实验前后它们的动能没有改变。重物势能减少所做的功，全部用来增加水和量热器的内能，使它们的温度从 t_1 升高到了 t_2 。这样，从使物体内能改变的效果来看，传递给量热器和水的热量，就相当于重物所做的功 W 。焦耳经过多次实验证明，1卡的热量相当于4.155焦耳的功。后来通过其它许多科学家更精确的实验测定，得到了我们现在用的热功当量数值：1卡热量相当于4.1858焦耳的功。

热功当量的发现告诉我们，对物体做功的效果和对物体加热的效果是相当的，同样都是引起物体内能的增加。功和热量一样都是物体能量变化的量度，就象我们不能说物体含有热量那样，也不能说物体含有多少功。

· 温 标 种 种

要研究和认识温度这个物理量，就必须测量它的高低。这首先得规定温度的单位——温标。正象人们用尺子测量长度，尺子的刻度或单位“厘米”和“毫米”等都是由人规定的那样，温度计的刻度或单位也是人们规定的。

人们早就发现，在通常的大气压力下，水在一定温度的时候会结冰，在一定温度的时候就沸腾。于是，有人就把一个标准大气压下，冰开始熔解的温度定为零度，把水开始沸腾时候的温度定为一百度。把零度和一百度之间平均地划分成一百等分，每一等分就等于一度。用这种方法确定的温标，是瑞典的科学家摄氏提出的，所以人们称它为摄氏温标。在表示温度的时候，要在温度的数字后面加上“ $^{\circ}\text{C}$ ”。

在低温物理和科学研究中，还经常用到另外一种温标，叫做绝对温标或热力学温标。它是由一位英国物理学家开尔文在1848年创立的，所以又称为开氏温标。

绝对温标每一度的大小和摄氏温标完全相同，不过它不是以水的冰点作为零度的，而是以在理论上说分子热运动将完全停止的温度，即 -273.16°C 作为零度。大家知道，要物质的热运动完全停止是不可能的。所以， -273.16°C 是一个人类可以无限接近但永远无法达到的温度，正因为这样，人们管它叫绝对零度，意思是说，这是温度的真正零度。

绝对温标的每一度叫做一开，用大写字母“K”表示。例如水的冰点用绝对温标表示，就写成为 273.16K ，它和 0°C 在数值上正好相等。所以，这两种温标的换算很简单。摄氏温度换算成绝对温度时，只要在摄氏温度上加上 273.16 度就行了。反过来，绝对温度减掉 273.16 度就变成摄氏温度了。

还有一种温标叫做华氏温标，是由德国物理学家华伦海特制定的。学校里挂的水银温度计上，通常在左面用摄氏温标，在右面用华氏温标。华氏温标把水的冰点定为32度，把水的沸点定为212度，再在这两个刻度之间平均划分180等分，每等分记作华氏一度。用它表示温度时，要在温度的数值后面加上“°F”。

华氏温标和摄氏温标在零下四十度的时候，数值正好相等，这使得我们得出了一个非常简单的换算规则：

由摄氏温标换算成华氏温标，是在摄氏温度上加40度，然后乘上 $\frac{9}{5}$ ，再减去40度就可以了。乘上 $\frac{9}{5}$ ，是因为在水的冰点和沸点温度之间，华氏温标划分为180等分，摄氏温标划分为100等分，它们的比值是 $\frac{180}{100} = \frac{9}{5}$ 。

由华氏温度换算成摄氏温度，先在华氏温度上加上40度，然后乘上 $\frac{5}{9}$ ，再减去40度就行了。

各种各样测量温度的“尺”

我们的手虽然凭冷热感觉可以判断温度的高低，但有时往往会产生错觉，所以是不可靠的。

再说，用手只能判断温度的高低，不能测出温度的数值，而且还有很大的局限。不要说遥远的天体，就是近在咫尺的火炉里面的温度，也不能用手来测定。

因此，为了精确测定物体的温度需要专门的“尺子”——温度计。

在温度世界里，温度高低非常悬殊，要测温的物体，情