



永不停息的 分子运动



IRANKEXUE XIAOCONGSHU

自然科学小丛书

北京出版社

33.018/7998

53.818
798

自然科学小丛书

永不停息的分子运动

阎金铎

34502/08



编辑说明

《自然科学小丛书》是综合性科学普及读物，包括数学、物理、化学、天文、地学、生物、航空和无线电电子等学科。主要介绍这些学科的基础知识，以及现代科学技术成就。编写上力求深入浅出，通俗易懂，使它具有思想性、知识性和趣味性，可以作为中学的课外辅导读物，并适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

自然科学小丛书 永不停息的分子运动 阎金铎

*

北京出版社出版
(北京崇文门外东兴隆街 51 号)
新华书店北京发行所发行
北京印刷三厂印刷

787×1092毫米 32开本 2.25印张 34,000字

1981年3月第1版 1981年3月第1次印刷

印数 1—84,800

书号：13071·119

定价：0.19元

目 录

一 热是什么? ——历史的回顾…………… (1)

古人心目中的原子 (1) 莫明奇妙的“素”

(4) 果真有“热素”吗? (7) 热素论
者的新“理由” (10) 伦福德的发现 (11)
布朗运动 (13) “热素论”的破产 (16)

二 分子运动论的发展…………… (19)

什么是统计观点 (19) 分子能跑多快 (24)

自由程 (29) 分子的大小 (32) 分子
力 (34)

三 热学的几个基本概念…………… (39)

“热”字的含义 (39) 温度 (41) 内能
(43) 热量 (46)

四 分子运动和物态变化…………… (50)

物质的三态 (50) 熔解和凝固 (54) 熔

解、凝固时体积的变化 (57) 蒸发 (59)

沸腾 (64) 水汽的凝结 (66)

一 热是什么？——历史的回顾

古人心目中的原子

自然界是无限广阔、非常复杂和丰富多彩的。生活在这个永远变化着的世界里的人类，为了生存，必须向自然界索取一切必须的生活资料。人们在长期地生产劳动中，逐渐地观察到了许许多多千变万化的自然现象。奥妙的大自然吸引着人们，使人们渴望着知道它的秘密。

好多世纪以前，人们就提出了一系列的问题：这么巨大、瑰丽的世界是由什么组成的？世界上不同的物质为什么具有不同的性质？……

在漫长的岁月里，各个时代的学者们，都为寻找这些问题的答案在辛勤地工作着。

古代希腊和中国，就有过物质是由某些元素物质组成的假说，其中以古希腊的著名哲学家德谟克利图的原子论的思想最为深刻。

德谟克利图是个勤于思索的人。当他走到河边，

看到成群的小鱼在水里游来游去的时候,他就想:水也是一种东西,为什么它不象石头那样密实呢?当他用一石块撞击另一石块,看到石块被击碎的时候,他又想:难道石头也不是结实的东西吗?否则,为什么也会被子击碎呢?总之,他看到什么东西,都感到好奇。这位哲学家,光凭着脑子想,想了很多年,想了很多东西,什么花香、盐味、水汽、冰……。他不仅自己想,而且告诉他的学生们去想,想得越多,思考得也就越深刻。湿了的衣服不是会逐渐失掉水分而变干燥吗?滴进水缸里的有色液体不是会自动扩散开来吗?……。所有这些,使得他们得出一个结论:世界上的东西,无论是一滴水、一块泥土、一缕烟……都是由许多不可再分割的最小的粒子组成的。不可再分割的粒子,在希腊文字中叫做原子,即万物皆是由原子组成的。而且他们还认为:原子和原子之间是有间隙的,所以世界上就没有真正密实的东西;各种不同物质具有各种不同的原子,原子都在不停息地迅速运动着。环绕我们世界的所有物质都是由原子的各种运动和各种结合而产生的。这样,他们就在自己细心地观察和认真思考的基础上,开始揭示了物质结构的秘密。同时,他们也很好地解释了物质的许多性质,例如,人之所以闻到花香,是因为从花中飞出来的原子,冲进人们的

鼻孔里的缘故。

在当时，德谟克利图等人的原子观念，曾在不少人的心中留下了深刻的印象。约在公元前一世纪，罗马的哲学家卢克莱茨，还曾以极其美丽的诗篇，阐明了德谟克利图等人的原子观点。卢克莱茨在自己著的“物质的原子论”一书中这样写道：

物体或者说物质要素，
都是由原始粒子集合而成；
虽有雷霆万钧之力，
要破坏物质要素也不可能。
原始物质，既结实又单纯，
由极小粒子之力牢固紧抱，
但又不是粒子的堆集，
其特征是在任何情况下都无限地单纯。
不能从它夺取什么，
也不许缩小其本性，
原始物质，
世世代代，永远长存。
原始物质，
在无边无际的真空，
当然不会静止，
反而被迫不断地做各种各样的运动。

它们有的飞得远，
相互撞击，
有些又只在短程内来来往往，
正是这种复杂运动把它们紧紧缠在一起。
沉重的石块之根和原始物质，
组成了坚硬的铁矿，
所有其他相似之物，
其坚硬性也一样。

.....

当然，古代的原于论是当时的学者根据不多的事实所作的臆测，还不能用科学的方法去检验它。也就是说，它只是反映了一种哲学的假说，一种对自然界的看法，还没有充分的实验依据。但是，这些天才的猜测，却指出了走向科学的道路，他们在科学的园地上，给我们播下了真理的种子。

莫明奇妙的“素”

古代的原于观点，一方面由于它缺乏科学实验根据，另一方面这种粗浅的原于论也还是触犯了当时统治者的利益，因为如果说万物都是由一些基本物质组成的，那么还有什么“天尊”和“地卑”、“上帝”和“鬼神”呢？于是，在长达一千多年的时间里，原

子的观点几乎是停滞不前的。

在十七世纪中叶，长期停滞的经济开始繁荣起来，原子的观念也随着得到了复兴。然而，当时流行很广，占有统治地位的却是所谓“素”的理论。

首先提出“素”的概念的，是十七世纪的英国著名科学家玻义耳。当时，他做了一个证明金属烧红后重量增加的实验。他把金属铅放在密闭的容器里，首先称量容器和金属的重量，再通过容器给金属加热，加热两小时后，打开了密闭的容器，一起称量容器和金属的重量，发现加热后的重量比加热前增加了。于是，玻义耳得出结论：在加热过程中，有一种特殊的、超等微小的“燃素”穿过容器跑到金属里去了。

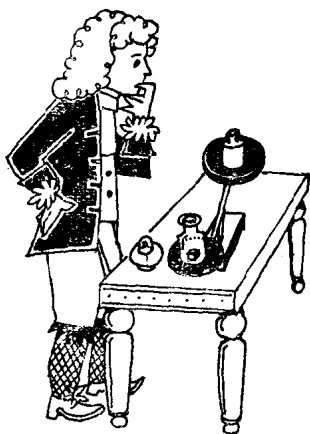


图1 玻义耳做实验

当时，人们接受了玻义耳的看法。从此之后，“素”的概念发展起来了。接着，许多科学家提出了一系列莫明奇妙的“素”，什么“热素”、“弹性素”、“电素”、“磁素”……。他们认为：物体之所以具

有弹性，是因为物体里存在有一种没有体积、没有重量的“弹性素”；物体之所以能够燃烧，是因为物体里存在有一种神秘的“燃素”；物体之所以有电性、磁性，是因为物体里存在有一种“电素”、“磁素”；冷的物体和热的物体接触时，冷物体变热些，热物体变冷些，是因为物体里原有一种看不见的“热素”，这种“热素”从热的物体流到冷的物体里去的缘故；用火烧水，这种“热素”就从火里流到水里；一壶热水放在空气里渐渐冷却，是由于“热素”从水里流到空气里去的原因。

然而，真的有什么“燃素”吗？俄国的科学家罗蒙诺索夫对此是有保留的。他重复了玻义耳的实验。与玻义耳不同的是，他不是只做一次，而是做了两次。

第一次他取了一个玻璃曲颈瓶，里面放一块金属铅，封住瓶口，称出瓶和金属铅的重量。然后，他开始在火上加热曲颈瓶，两小时以后从火焰上拿下，打开了封口，等到冷却后再称瓶和金属铅的重量。果然，金属的重量是增加了，这与玻义耳实验的结果相同。可是，罗蒙诺索夫并不认为这是“燃素”穿过容器跑到金属里去了。他接着又做了第二次实验。这次实验与前次不同，他在加热之前和加热之后，都不打

开曲颈瓶的封口，结果发现：瓶和金属铅的总重量，在加热前、后丝毫没有改变。这就是说，并没有什么神秘的“燃素”在加热过程中穿到曲颈瓶里去。

然而，加热以后，先打开曲颈瓶的封口，冷却后再称量瓶和金属铅的重量，为什么会增加呢？原来，这是在称量之前打开封口，有空气跑进瓶中的缘故。

事实上，今天我们知道，金属在加热时，将促进其表面层的氧化作用。在上述的实验过程中，金属铅从封闭的曲颈瓶里的空气中取得氧气。这时候金属增加的重量必然跟瓶里空气减少的重量相等。正因为如此，封闭的瓶和金属铅的总重量才没有变化，这就是说，虽然发生了氧化反应，物质的总量仍然没有增加，也没有减少。但是，只要打开曲颈瓶的封口，由于瓶里原有的空气已经被金属铅吸收了一部分氧气，所以必然会有一部分空气冲进瓶里，这正是玻义耳实验测得的增加的重量。

由此可见，实际上并不存在什么“燃素”。

果真有“热素”吗？

关于热的本质，在前面已经谈到了，十七世纪中叶，有些学者都认为：热是一种特殊的物质——“热素”。“热素”本身没有质量，没有颜色，它能透入

任何物体，引起膨胀、溶解等现象。“热素”是热的来源，热量就是“热素”的数量。热的物体包含有较多的“热素”，冷的物体包含有较少的“热素”。“热素”流入物体，物体就热起来，温度升高；“热素”离开物体，物体就冷下去，温度降低。物体变冷或变热，就是“热素”的搬出或搬进。同时，他们还确认：一个物体减少的“热素”必然等于另外的物体所增加的“热素”，“热素”既不能自行产生，也不能自行消灭。

“热素论”似乎给了加热过程一个合理的解释，但仔细分析一下，就会发现问题不是那样简单。如果炉子里烧的是煤，根据“热素论”，“热素”是由煤里传出来的，这样就会得出结论：煤里边储藏有许多“热素”。那么，为什么煤在燃烧之前是冷的呢？如果“热素”不是由煤里传出的，而是在燃烧过程中由外界流进来的，但，外界并没有那种温度比燃烧的煤的温度更高的物体。这些问题是“热素论”者们无法回答的。再拿摩擦生热来看，当我们双手冰冷时，并不需要向“热素”求援，只是把两只手相互摩擦，就会暖起来。根据“热素论”，要么一只手变热，一只手变冷；要么身体其他部分变冷，两只手变热。实际上并非如此，这也是“热素论”者无法解释的。

实际上，当时也有很多科学家对“热素”提出了

质问，并提出了分子运动的假说。

1658年，伽森第二以分子运动的观点，解释了物质的气、液、固三态的区别。他认为：物体是由分子组成的，分子都在做运动。物体越热，它的分子运动就越快，彼此也就相推得更剧烈，于是分子间的距离变大了，从而体积膨胀。如果继续对物体加热，分子间的距离就不断地胀大，最后大到使物体再不能保持原有的形状，物体熔解了，变成了液体。如果再继续加热，分子运动的速度及其相互的推动力变得更大，以致它们全部向四面八方飞开去，这时，液体变成了气体。

1678年胡克又以气体分子不断碰击器壁，说明了气体压强的由来。

1738年伯努利根据分子运动的观点，解释了气体的压强和体积成反比的玻义耳-马略特定律。

1744年罗蒙诺索夫列举了许多事实，如摩擦手掌，手便温暖；木材摩擦，也会燃烧；铁棒敲击冰冷的石块，能发出火光；铁块在锤子不断敲击下，也可以热到发红，等等，总结了热产生的来源：热的充分基础在于运动。既然运动不能脱离物质来进行，那么热的根本原因必然是由于物质内部分子的运动。

可见，在十八世纪上半叶，由于伯努利、罗蒙诺

索夫等人利用分子运动的假说，成功地解释了许多现象，并且指出热的产生根源不是“热素”，而是分子的无规则运动。这给“热素论”一个猛烈地打击，并给人们进一步认识热现象，打开了大门。

热素论者的新“理由”

尽管分子运动的学说可以解释许多热现象，但在当时并没有得到公认。“热素论”仍占统治地位。这是因为当时人们对热、热量和温度等概念，以及热量和功之间的关系，都不清楚，往往把几个概念混淆起来，从而利用“热素”来解释一些热现象是比较直接的，容易被人们所接受。因此，不少人拥护“热素论”。对分子运动学说，在他们看来，至多只是一种可能成立的假说而已。

即使对于摩擦生热这一很难用“热素”来解释的现象，“热素论”的拥护者们还是想出了一些理由来为自己的观点辩护。他们认为：两个物体相互摩擦时，摩擦影响了物体，并改变了它们的性质。改变的不是它们所含有的“热素”，而是改变了物体的比热，即两个物体的比热都减小了。这就是说，每个物体所具有的“热素”仍和摩擦前一样的多，但经过摩擦后，由于物体的比热减小了，所以每个物体在摩擦后

温度都要升高。

例如，1克物体在摩擦前有“热素”的数量是50卡，其比热为1卡/克·度，则其温度为50度。而在摩擦后，“热素”的数量并没有改变，仍是50卡。但摩擦降低了物体的比热，譬如降为0.5卡/克·度，则摩擦后的温度应为100度。

由于“热素论”者提出了新的理由，解释了摩擦生热的现象，于是，“热素论”和分子运动论的斗争，就越来越复杂了。

究竟热是物质的分子运动？还是一种特殊的物质——“热素”？在当时是争执不下的，只有等待以后的实验来判决。

伦福德的发现

1798年，美国的伦福德在慕尼黑的军事学院指导人们钻制大炮时发现：铜炮在钻了不长的时间以后，温度升得很高，被钻下来的铜屑更热。正如当时实验所证实的，比沸水还热，同时钻头的温度也升得很高。

人们不禁要问：热是从哪里来的呢？真的象“热素论”者们所说的，是摩擦改变了物体的比热吗？

为了检验上述说法是否正确，伦福德又进一步做

了实验。他把刚被钻下来的铜屑，和一个与它同质量、并加热到同温度的铜块，分别放在两个同样的盛有冷水的容器里，冷水的温度和质量也都相同。结果，放铜屑的水并不比放铜块的水热些或冷些。这就是说，经过摩擦和没经过摩擦的金属，其比热并没有什么不同。摩擦没有改变物体的比热。于是，伦福德作出了结论，他曾写道：

“……，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他东西的任何明确的观念。”伦福德认为热既然能够继续不断的产生，那么，它只能是一种运动而不可能是别的什么东西。

继伦福德实验之后，事隔一年，戴维又做了另外一个实验。他把两块冰相互摩擦，摩擦时的一切装置的温度都在 -2°C 以下。结果经过摩擦，冰熔化了，所得水的温度为 2°C 。

当时，人们认为：把两块冰进行摩擦，由于冰块表面不是绝对平滑的，相接触的冰表面分子之间可以

发生各种各样的碰撞，碰撞的结果，使许多分子获得了能量，增强了冰块内部分子的无规则运动，从而变热，逐渐溶解。显然，热是分子无规则运动的表现，并不是莫明奇妙的“素”。

伦福德和戴维的实验事实，维护了分子运动的学说，使“热素论”开始发生了动摇。

布 朗 运 动

伦福德的实验问世之后，物质分子运动论的学说，开始占了上风。随后，在十九世纪初期，不少的化学定律，如定比定律、倍比定律、阿伏伽德罗定律等，都已先后建立，它们都以无可辩驳的事实说明了分子原子学说的正确性。

十九世纪三十年代，英国的植物学家布朗，用显微镜观察一些在水中的花粉，发现花粉在水中不断地作无定向的不规则运动。后来，人们把这种不依赖任何外界原因的运动叫做布朗运动。

只要有一架一般的显微镜，我们就可以观察布朗运动。如果把一种物质的小颗粒（直径约为 10^{-3} 厘米以下）放在不能溶解这种物质的液体里，再放在显微镜下面来观察，就可以看到这些小颗粒在作永不停息地、无定向地运动。微粒越小，运动越激烈。