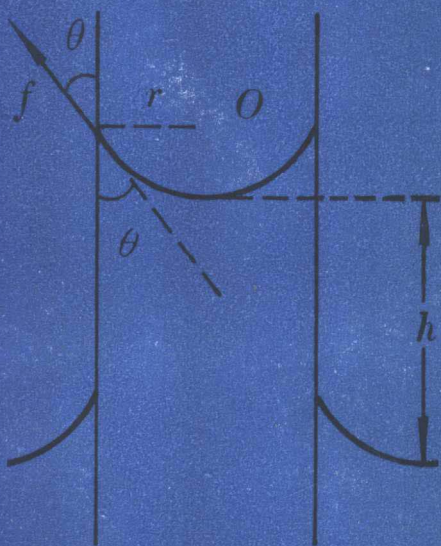
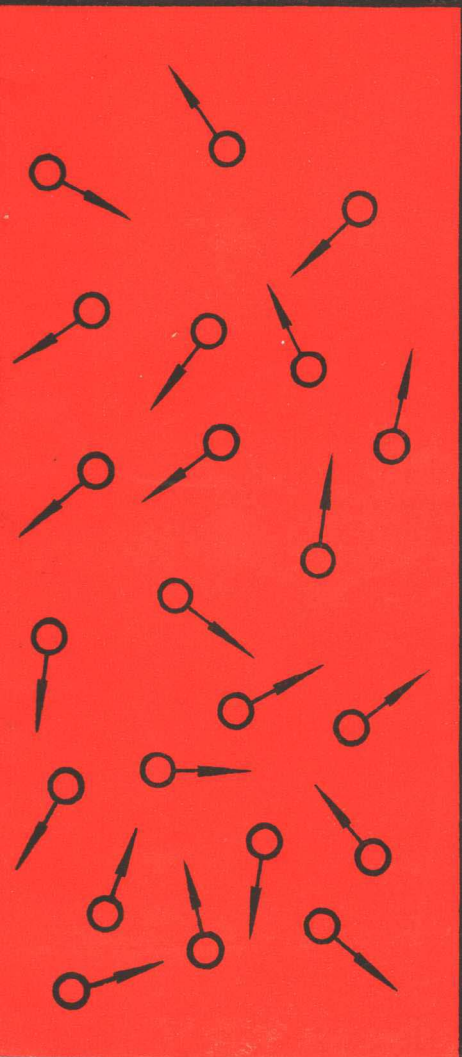


热学中若干容易混淆的问题

上海教育出版社



REXUE ZHONG RUOGAN RONGYI
HUNXIAO DE WENTI



中学生文库

热学中若干容易混淆的问题

施 纯

上海教育出版社

内 容 提 要

本书就高中学生在学习热学时容易混淆的一些重要概念和问题,如热、热量和温度,蒸发和沸腾,气体定律的 p - V 图、 V - T 图和 p - T 图,浸润和不浸润等,加以分析讨论,澄清认识,弄清它们之间的区别和联系,使学生对某些重要概念和定律有更透彻的理解,这对学生学好物理学很有帮助。

本书可供全日制学校高中学生和同等程度的其他读者阅读。

中学生文库 热学中若干容易混淆的问题

施 纯

上海教育出版社出版

(上海永福路 123 号)

崇明浜东印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/32 印张 2.125 字数 41,000

1986 年 3 月第 1 版 1986 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—12,400 本

统一书号: 7150·3572 定价: 0.27 元

写在前面

在热学中,有一些物质由于外界条件不同,它的物理性质也就不同。例如饱和汽与未饱和汽,露点和冰点等等,同学们没有掌握它们之间的主要特点,而在使用这些概念时,常常发生错误。此外,在热学中还有一些物理量的名称和日常生活中的用语相同,例如热、热量,宏观、微观等等,这些概念在物理学中都有较明确的含意,而在日常生活中却比较模糊,同学们也常常将这些模糊的概念带到学习中来,造成学习上的困难。为此我们将平时学生在学习热学中容易发生混淆的一些问题加以比较、分析,以帮助学生正确地理解和区分它们,从而能够运用这些概念解决实际问题。

限于水平,内容中如有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

1985年5月



目 录

ZHONG XUE SHENG WENKU

一、“宏观”和“微观”	1
二、热、热量和温度	4
三、机械能、内能和热能	8
四、布朗运动和分子运动	11
五、 $l = l_0[1 + \alpha(t - t_0)]$ 和 $l_2 = l_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$	13
六、万有引力和分子力	16
七、蒸发和沸腾	19
八、饱和汽和未饱和汽	22
九、沸点和露点	27
十、三相	29
十一、理想气体和实际气体	32
十二、气体定律的 p - V 图、 V - T 图和 p - T 图	34
十三、 V - T 图和 V - t 图	40
十四、关于变质量和不变质量的问题	42
十五、固体和液体的区别	48
十六、表面张力和分子力	51
十七、浸润和不浸润	55
十八、定容比热和定压比热	61

一、“宏观”和“微观”

在物理学中经常使用“宏观”和“微观”两个词。例如“宏观物体”，“宏观量”，“宏观表现”，“微观模型”，“微观量”和“微观解释”等等。那么究竟什么是“宏观”？什么是“微观”呢？

有的同学说：从大处看是“宏观”，从小处看就是“微观”了。

这样的说法对不对呢？

不全对！因为大和小是相对的，怎样才算大、怎样才算小呢？

在物理学中，宏观物体一般是指空间线度大于 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 厘米的物体，由大量的原子组成。肉眼能看见的物体都是宏观物体。宏观物体表现的各种现象，如汽车的行驶、电磁波的传播等，一般都叫做宏观现象。有时动量很大的微观粒子在大范围内的现象也叫宏观现象，如在加速器中基本粒子的运动等。宏观物体和宏观现象总称宏观世界。物体在宏观现象中不呈现显著的波粒二象性，因而研究物体的宏观现象时只涉及经典物理学，不必考虑量子现象。

微观物体一般指空间线度小于 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ 厘米的粒子，包括分子、原子和各种基本粒子，所以微观物体叫做微观粒子。显然，宏观物体和微观粒子在线度方面是以分子的直径作为分界的，例如用电子显微镜可以拍摄直径为 4.3×10^{-7} 厘

米的比较大的蛋白质分子。微观现象一般指微观粒子在极其微小的空间范围内表现的各种现象，如原子中电子绕原子核运动，基本粒子的相互转化等。微观粒子和微观现象总称微观世界。微观粒子在微观现象中呈现出显著的量子现象和波粒二象性，因而经典物理学在这里不再适用。

量度宏观现象的量叫“宏观量”，量度微观现象的量叫做“微观量”。

在热学中，“宏观量”和“微观量”这两个词又有其特定的含意。

物质世界是由大量的、复杂的、相互之间存在着作用的物体组成。任何物体都不可能与其他物体无关地单独存在着，这就对我们研究物体运动的规律带来了不少困难。因而在分析物理现象时，常常把注意力集中在事物的某一个部分，并且假想将这一部分事物和它周围的事物隔离开来，把被假想隔离开来的这部分事物叫做“系统”。在系统外部，和系统的行为直接有关的一切叫做“外界”。例如气缸内的气可以看作是一个系统，而活塞则是它的外界。我们在研究活塞的作用对气体的影响时，必须选取某些适当的可以观测的物理量来描述系统的变化规律，我们常把反映系统整体性质的量称之为“宏观量”，例如气缸内气体的压强、体积、温度等。至于描述构成系统的分子、原子运动规律的一些物理量就叫做“微观量”。例如气缸内气体中单个分子的速率、能量、质量、角动量、平均自由程等等。

有的同学认为，宏观量和微观量分别描述两种不同现象的量，则两者之间没有多大的关系。其实不然，对于任何系统来说，微观量和宏观量之间必定存在着内在联系，因为它们仅

仅是在描述同一个物理现象时，从两个角度去观察和测量而已。所以我们还常常用微观量来表述宏观量。这样可以使我们对观察到的宏观现象理解得更为深刻。例如，从宏观来看，气体的压强可以用压强计来测定它的大小；而从微观来分析，气体的压强是由气体分子的平均速率、单位体积内的分子数决定的。它们之间可以用下面公式来表示：

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}_K。$$

这就是理想气体的压强公式。式中 p 是气体的压强，是宏观量； $n = N/V$ ，是单位体积内的分子数（即分子密度），

$$\bar{E}_K = \frac{1}{2} m \bar{v}^2$$

是分子的平均动能（微观量），其中 $\bar{v}^2$ 为方均速率。

在研究热现象时，就经常采用这种宏观描述（也叫做热力学描述）和微观描述（也叫做统计力学描述）的方法。把宏观观点和微观观点结合在一起研究，是现代物理学的特点。

二、热、热量和温度

热、热量和温度这三个词，在日常生活中经常用到。但是问同学这三个词在物理学中，确切的含义是什么？很多同学回答不清楚，在实际使用中也常常将它们混淆起来。下面就来谈谈这三个词的物理意义。

“热”这个词，在日常生活中虽然常常用到，但是它没有一个确切的标准。热和冷仅仅是人对物体的感觉的一种比较而已。例如一盆水，用刚从热水中拿出来手去摸它，就感到这盆水是冷的；用刚从冷水中拿出来手去摸它，就感到这盆水是热的。由此可见，在日常生活用语中，“热”这个词是一个模糊概念，在物理学中一般不单独用这个词，而是用“温度”这个量来客观地衡量一个物体的冷热程度。

一般说来，温度高的物体给我们的感觉是热，温度低的物体给我们的感觉是冷，所以不少同学往往将“热”和“温度”两个词混淆起来。尤其是我们将“热量”作为量度物体内能变化的一个物理量后，则“温度”和“热量”更容易混淆了。下面我们从“温度”和“热量”两个量的建立情况，就可以知道它们是表征不同的物理现象的量。

先谈谈温度。为什么可以用“温度”来客观地量度物体的冷热程度呢？因为“温度”的数值可以用温标来表示，而温标是根据客观的事物来确定的，所以温度是有客观标准的。那

么,怎样确定温标呢?

首先要了解“热平衡”这个概念。设有两个完全相同的物体A和B,用手摸A时感到冷,而摸B时感到热。如果将这两个物体相接触,经过一段足够长的时间后,A和B就会使手产生相同的冷热程度的感觉。这时我们说A和B彼此处于热平衡状态了。检查两个物体是否达到热平衡状态,必须借助于第三个物体,例如“手”。但是手对温度的感觉范围是有限的,在很大程度上还受到主观因素的干扰,所以不能用手来测定物体的温度,而要用温度计来测量。因为温度计可以有一个客观的、用数值来表示的温度刻度,这个刻度叫做温标,而温标是根据自然界不变温度的事物作为依据的。

怎样决定温标呢?

要确定一个温标,必须找一个标准参考点,这个点叫定点。在现代计温学中,标准定点是水的三相点,也就是水的固态、液态和气态在平衡共存时的温度。因为这三相点只有在确定的压强和温度下才能实现,所以这个状态是唯一的,水的三相点压强为4.58 mmHg。将这个定点的温度规定为273.16 K,这样建立的温标就是绝对温标。以前也有将在1大气压下,水的冰点取为定点,将这个定点的温度规定为0°C。水的三相点的温度为0.01°C,这就是摄氏温标。通常为了简单起见,摄氏温标0°C即是绝对温标273 K。

值得注意的是,就每1度的大小来说,热力学温度和摄氏温度的1度完全是相同的,用T表示热力学温度,用t表示摄氏温度,则用这两种温标表示同一个温度差时,数值完全相同,即

$$\Delta T = \Delta t。$$

热力学温度和摄氏温度之间有如下关系。

$$T = t + 273.$$

例如，在一个大气压下水的沸点为 100°C (即 373K)，水的冰点为 0°C (即 273K)。

上面我们讨论了温度和温标建立的方法。下面我们再谈谈“热量”这个词是指什么。

热量是在热传递过程中，量度系统内能变化的物理量。但要注意的，热量和内能不同，内能是由系统的状态决定的能量。状态确定，系统的内能也就确定。要使系统的内能发生变化，可以通过热传递或做功两种过程来完成。有过程才有变化，有内能的变化才能用热量来量度。离开了变化过程来谈热量是毫无意义的。所以热量和做功一样是个过程量，而内能却是一个状态量，就某一状态而言，只有“内能”，根本不存在什么“热量”。例如，1千克的水在 5°C 时具有多少热量是毫无意义的。只有在1千克的水从 5°C 升高到 8°C ，或从 5°C 降低到 2°C 时，吸收或者放出多少热量才有意义。

最后，我们归纳一下热量和温度的区别和联系。热量是系统内能变化的量度，而温度是系统内部大量分子作无规则热运动的激烈程度的标志。虽然热传递的前提是两个系统之间要有温度差，但是传递的是能量(热能)，而不是温度。热传递可以使系统的温度发生变化，还可以使物态发生变化。在晶体物态发生变化过程中，传递给系统的热量并没有使系统的温度发生变化。所以“系统吸收热量，温度一定升高”，“系统吸收热量多，温度变化一定大”，“系统的温度高，它能放出的热量一定多”等等说法都是错误的。因为系统吸收或放出的热

量,不但和温度的变化值有关,还和物态的变化、热容量等有关。总之,热量和温度之间,虽然有一定的联系,但它们是完全不同的两个物理量。

三、机械能、内能和热能

同学们常常认为,机械能是由动能和势能组成的,内能也是由动能和势能组成的,那么机械能和内能就没有什么区别了。还认为热能是和内能不同的另一种能量。那么到底什么是机械能、内能和热能呢?

物体的动能和势能总称为机械能。

物体的动能是由物体作机械运动而具有的能量。例如一个质量 m 的物体,用速度 v 作平动,这时物体具有的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 。显然,其中速度 v 是相对的,所以动能也只具有相对意义。物体的势能是由于物体内部各部分之间存在有相互作用而具有的能量,因而物体的势能是系统所共有的。例如被拉长的弹簧所具有的弹性势能,是整个弹簧所共有的,并不是弹簧的某个部分所有。又如,把质量为 m 的物体提高 h ,则这个物体和地球共有势能 mgh 。平时简单起见,一般就说成是这个物体所具有的势能。

内能是由物质系统内部状态所决定的能量。它包括分子热运动的动能和分子间以及分子内部相互作用的势能。当然也包括原子内部的能量,原子核的能量等等。但是在热学中,我们所研究的系统的内能就是指分子不规则运动的动能和势能的总和。

内能中的分子的动能和势能与机械能中的动能和势能是

不同的。在机械能中的动能和势能，是由整个物体的机械运动的状态所决定的，它们是宏观量。而对于整体中的某一个分子来说，研究它的动能和势能是毫无意义的，也是办不到的。所以在研究气体的内能时，我们总是用统计的方法，例如研究分子（不是某一个）的平均平动动能。分子的平均平动动能的宏观反映就是物体的温度，其关系可用下面公式来表示

$$\frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} m\bar{v}^2.$$

式中 k 是玻尔兹曼常数， T 是温度，显然， $\frac{1}{2} m\bar{v}^2$ 是气体分子的平均平动动能，而不是某一个分子的动能。此外，分子还具有振动动能、转动能量和分子的势能等等。有时我们把物体内部分子热运动的能量（即分子的平均平动动能）叫做热能。可见，热能是物体内能中的一部分。但是也有的工程技术书中把“热能”就作为物体的内能。

从上面分析可知，物体的机械能和内能，虽然同样是在研究动能和势能，但是两者间有着本质的区别。静止在地面上的物体，其机械能可以是零。但在物体内部，分子总在热运动，分子间又总有相互作用，因此内能显然不等于零。高速运动的物体，其机械能很大。而其内能却不一定大。例如具有很大速度的地球卫星，它的温度就不一定很高。

但是，在一定的条件下，物体的机械能和物体的内能是可以互相转换的。

物体的内能是可以通过做功和热传递两个途径发生转移的。例如，将冰块在粗糙的平面上摩擦，冰能熔化为水，这就是通过作功的途径使物体的内能增加的例子。又如将一块烧红的铁块，放在冷水中，冷水很快变热。这就是铁中的热量传

递给了冷水的缘故。

热传递是系统内物体间互相转移热量的过程。它有热传导、对流、辐射三种方式。热传导，是由于物体中大量分子、原子或电子的互相碰撞，使能量从物体的温度较高部分传至温度较低部分或从一个物体传至另一个物体的过程。这是固体热传递的主要方式。对流，是液体或气体中较热部分和较冷部分之间通过循环流动相互混和而使温度趋于均匀的过程，这是液体或气体热传递的主要方式。辐射，是物体因自身的温度而向外发射能量，温度越高，辐射越强。这种方式 and 热传导和对流不同，它不靠物质传递，而是以光的速度穿过真空，从一个物体传给另一个物体，其结果总是把热量从高温物体传到低温物体。但在实际传热过程中，这三种方式常常是同时发生的。

四、布朗运动和分子运动

布朗运动是可以利用显微镜观察的，所以同学们常常把布朗运动和分子运动看作是一回事，其实不然。

根据分子运动论的观点，认为组成物质的分子是在不断地作无规则的运动，这种运动也叫做热运动。我们知道分子是很小的，就是用现代的电子显微镜才只能看到较大的蛋白质分子，所以一般无法直接观察分子的热运动。自从1827年英国科学家布朗用显微镜观察浮悬在液体中非常小的花粉，发现这些花粉颗粒不停地做无规则运动，便证实了分子是在做不规则的运动。这种小颗粒不停地做无规则运动，就叫做布朗运动。老师在讲解分子热运动时，往往让同学们观察布朗运动。有些同学从显微镜中观察了布朗运动之后，误认为小颗粒的无规则运动就是分子的无规则运动。为什么会将布朗运动和分子运动混淆起来呢？这主要是对布朗运动产生的原因没有弄清楚。

布朗运动是如何产生的？悬浮在液体中的颗粒，受到向各个方向运动着的液体分子的碰撞。如果在液体中的颗粒较大，在任何瞬间与它碰撞的分子数目就较多，而且碰撞的分子来自不同的方向，微粒受到各个方向的动量互相抵消，结果这个微粒保持不动；如果微粒的体积很小，则在任一瞬间与它碰撞的分子数就比较少，这时，可能在某一方向的分子碰撞微粒

的次数多于其他方向,动量不能互相抵消,因此微粒就顺着合动量方向运动,但是在这个方向的运动是很短暂的,在下个瞬间,合动量的方向改变,微粒运动的方向也随之改变,产生了布朗运动。显然,这种微粒由于受到所在液体中分子不规则碰撞作用,才产生了运动,所以布朗运动只是反映分子运动的结果而不是分子运动的本身。我们在显微镜中观察到的是布朗运动而不是分子运动。