

第1章 热学概述

寒来暑往,雨雪冰霜,人们对冷暖的感知是刻入肌肤的。西方有普罗米修斯盗火的神话,东方有燧人氏钻木取火的传说,对火的利用给人类带来了文明的曙光。热学和力学一样,都是人类很早便已感知并广泛探索的自然规律。

1.1 什么是热学

1.1.1 热学的定义

人教版高中物理教材选择性必修第三册的第一章章首说:“热学就是研究物质热运动规律及其应用的一门学科,是物理学的一个重要组成部分。”该章第一节开篇还引用了我国物理学家王竹溪的话:“热学这一门科学起源于人类对于热与冷现象的本质的追求……(这)可能是人类最初对自然法则的追求之一。”《普通物理学教程 热学(第二版)》(秦允豪,高等教育出版社2004年版,以下简称“热学教程”)中说:“热物理学是研究有关物质的热运动以及与热相联系的各种规律的科学。”《普通高中课程标准实验教科书 物理 选修3-3 教师教学用书》(人民教育出版社2010年版,以下简称“上一版教参”)中说:“热力学(热物理学的一个分支——编者注)是研究热现

象的宏观理论。”

那么,什么是热现象?是一切与温度有关的现象。从这一点上讲,热学的研究范围可谓包罗万象,中学物理所学只是其中极其浅显的一部分。

1.1.2 热学的研究对象

热学的研究对象通常是由大量的微观粒子(如分子、原子等)组成的宏观物体及物体系,这些物体或者物体系叫作**热力学系统**,简称**系统**。而那些与系统有关的周围世界就叫作系统的外界,简称为外界。

但这里所说的物体,与力学、电磁学中的物体似乎还有所不同。对于力学、电磁学的研究对象,我们通常可以冠以“一个”,如“一个质点”“一个物体”“一个点电荷”“一个导体棒”“一个回路”等;而对于热学的研究对象,可能得用“一些”来描述,如“一杯水”“一块金属”“一定质量的气体”等。如果非要对热学的研究对象冠以“一个”,那得说“一个热学系统”,不能仅将其看作质点,甚至不能看作刚体、不能看作连续均匀弹性体,而是必须考虑其内部组成与结构的“系统”。

让我们来分析一下对水进行加热的问

题,已知水的比热容为 $4.2 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$,用功率 1 kW 的电热壶把一壶质量为 1 kg 的水从 5°C 加热到 95°C 需要多长时间? 不难算出是 378 s 或者 6.3 min 。

对于这个例子,我们的兴趣不在于计算结果而在于说明问题。假如这个热水壶是一边通入凉水、另一边送出热水,或者有一些水蒸气跑掉了,答案自然就不同了。在上述场景中,我们默认没有水的流入或者流出,也没有其他物质加入,即没有与外界的物质交换,我们称这样的系统为**封闭系统**。但这个系统仍然以某种方式与外界相互作用,例如上述场景中的电热丝加热,或者用某种搅拌装置搅拌,或者被阳光照射,或者向周围空气散热。如果让这 1 kg 水与外界不仅没有物质交换而且也没有能量交换,我们称这样的系统为**孤立系统**。

但真正的孤立系统是不存在的,只有在某些条件下,当系统与外界的物质交换与能量交换小到可以忽略不计时,我们才可以把一个系统看作孤立系统。例如,初中阶段接触的很多吸放热问题——将一个高温铁块放入一杯水中后计算最终温度,此时水和铁块组成的系统,在忽略与周围环境热交换的条件下,可以看作孤立系统。所以,在量热实验中,如何隔绝与环境的热交换是一大难题。我们经常遇到的“绝热”,其实也是一种理想化的条件。

在中学阶段的物理学习中,水系统通常是不发生化学变化的,比如氢气和氧气的混合气体,我们通常不考虑它们生成水的物质变化及能量变化。

1.1.3 中学物理所研究的热学系统的状态

研究对象、所处状态以及与外界相互作用导致的状态改变,是我们研究物理问题的习惯路线。例如,牛顿第二定律描述了质点(对象)速度(状态)在外力作用下的变化情况,动能定理、动量定理描述了质点(对象)的动能或者动量(状态)在外力作用一段距离或者一段时间后的改变情况。

同样地,热学的研究对象原来所处状态和后来所处状态有怎样的关系? 与这个过程中的外界作用之间有什么关系? 这些显然也是我们要研究的主要问题。不过,在回答这些问题前,我们要先确定系统在某时刻的状态。

热学系统的状态可以通过状态参量来确定,主要涉及:①几何参量,如体积、形状等;②力学参量,如压强等;③化学参量,如成分和浓度比例等;④电磁参量,反映系统的电磁学特性等;⑤热学参量,如温度等。当然,这些参量之间也可能是相互制约的关系。本书中,我们不像大学教材一样追求严谨分类的独立参量,而只是借此描述一个热学系统所处的状态。

1.1.4 平衡态与准静态过程

虽然前面已经介绍了很多,还没有进入“考什么题”这样的“重点”,但我们还要继续探讨一些问题,因为这些问题对于后面把一些具体问题想清楚很重要。

初中有一个常见问题:蒸包子(见图 1-1)时,是上层的先熟还是下层的先熟? 其实

这不是一个合适的问题。说上层先熟的依据是蒸屉上层的空气热,但问题是这些热空气是从哪里来的?还不是从下面的锅里来的,那凭什么说上层空气热?如果考虑散热,如果蒸屉有许多层,恐怕最上层的包子都接触不到热气。



图 1-1

在这里,蒸屉内的气体不是封闭系统,更不是孤立系统。除此之外呢?气体存在对流,气体温度并不是处处一样,甚至各处压强都会有差异,那么这些气体的压强、温度是多少呢?所以,要回答哪层的包子先熟,恐怕不能问物理老师,而得回家问妈妈。

我们再来假想一个类似的问题:把一块冰从零下 20°C 的冷库中拿出来,置于气温为 30°C 的环境中,它是先升温到 0°C 然后融化成水,然后继续升温吗?非也,它是滴答滴答地融化掉的,这并不符合初中所学的熔化曲线(见图 1-2)。我们甚至都无法确定冰块的温度,因为它从外到里的温度

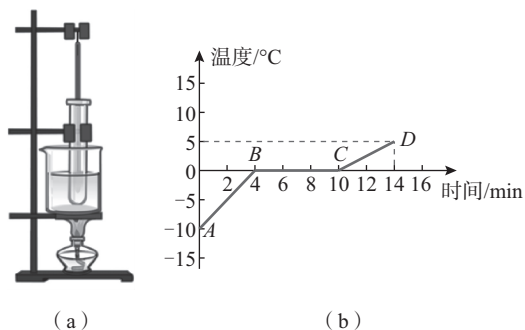


图 1-2

并不处处一样。由此可见,初中这个“探究冰的熔化特点”的实验不能太快,需要让热传导缓慢进行,使试管内的冰块温度几乎处处一样。

通过以上例子可以体会到,我们平常所说的热学系统所处的状态,是一种处处均匀一致的状态,是一种平衡态。但系统在从一种状态向另一种状态变化的过程中,必然有一些时间并不是处处均匀一致的,此时该怎么办?学者们于是又理想化出了“缓慢”进行这样的过程,这被称为“准静态过程”。在这个过程中,系统在任何时刻都可以看作是处处均匀的,就像在力学中,即使做圆周运动的物体的角速度会缓慢加快,但在任意时刻仍可以用 $\omega^2 r$ 求向心加速度。

1.2 中学物理中热学的知识体系

热学问题的研究可以从宏观和微观两个方面进行:前者是热力学的方法,从对热现象的直接观察和实验测量中总结出来的普适的基本定律出发,应用数学方法,通过逻辑推理及演绎,得出有关物质各种宏观性质之间的关系、宏观物理过程进行的方向和限度等结论;后者是统计物理学的方法,从物质由大量分子、原子组成的前提出发,运用统计的方法,把宏观性质看作是由微观粒子热运动的统计平均值所决定的,由此找出微观量与宏观量之间的关系。两个方面互相补充,使热学成为联系宏观世界与微观世界的桥梁。

中学热学的逻辑与体系也是由以上思

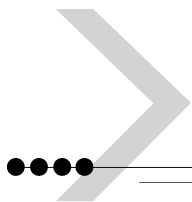
路决定的。

依据《义务教育物理课程标准(2022 年版)》和现行教材,我们认为初中物理的目标在于感受与认识物质世界。初中与热学有关的内容包括:①认识物质的结构与物质的尺度,从原子核、电子到宇宙;②认识物质的属性,如弹性、磁性、导电性和导热性,质量、密度;③认识物态及其变化,如固态、液态、气态等物态的基本特点,物态变化现象及其原因;④认识温度和热量,如温度的概念和计量、热量传递的基本方式以及比热容、热值等热学量的概念和计算;⑤了解内能和热量,知道内能的利用在人类社会发展史上的重要意义,了解热机的工作原理,知道能量的转化和转移有方向性等。这些内容以“现象”与定性解释为主,如“列举自然界和生活中不同状态的物质及其应用”“用物态变化的知识说明自然界和生活中的有关现象”等,并不过分追求体系的完整。

其实,高中物理的热学部分也比较纠结:甲种本、必修加选修、试验修订本分为几章;普通高中课程标准实验教科书(人民教育出版社 2010 年第 3 版,以下简称“上一

版教材”),热学单列一册;现行教材(人民教育出版社 2024 年版,以下简称“教材”)把热学与原子、原子核知识编在一册,从分子、原子、原子核一直深入下去,也有道理。重点不在于完整的体系,而是着眼于物质观、能量观。对热学的学习来说,贯穿始终的主线是以分子动理论去理解固体、液体和气体的微观结构、热力学定律等内容;能用气体实验定律、热力学定律解释生产、生活中的一些现象,解决一些实际问题;能在一定条件下应用理想气体模型分析和研究实际气体的问题,能用等温、等压、等容的物理过程正确认识和分析现实生活中的气体状态变化;能运用概率统计的方法对热现象问题进行分析,并能恰当、合理地利用证据得出物理结论;具有多视角观察和分析物理问题的能力。高考题主要集中在分子动理论的“以下说法正确的是……”之类的选择题,集中在能量变化的分析,计算题则大多集中在气体状态的变化以及两部分气体相关联的变化。

但我们仍然希望尽量整理出一点体系,顺“理”而“解”。



第2章 分子动理论

分子动理论是一套说法,在刚开始不完善、相信的人比较少的时候叫作“假说”,后来,随着体系越来越完善、证据越来越多、能解释的事实越来越多、相信的人越来越多,于是就成了“理论”。所以,就像语文老师讲议论文三要素一样,我们也要抓住“论点、论据、论证”三个要素:什么观点?有哪些事实支持这些观点?这些事实是怎样支持这些观点的?从实用的角度出发,我们把中学物理中分子动理论的主要观点归纳为以下三条:

- (1) 物体是由大量分子组成的;
- (2) 分子在做永不停息的无规则热运动;
- (3) 分子之间存在着相互作用力。

2.1 物体是由大量分子组成的

实体物质(区别于场物质)由分子或原子构成,分子由原子构成,原子由原子核和核外电子构成,原子核由质子和中子构成,这已经成为大众(一般需要初中毕业)的共识。但这些共识只是因为人云亦云,还是能够通过实验和归纳得到呢?我们的确有

一些证据来说服自己。这些证据包括对相关物理学史的了解,对分子动理论如何解释自然现象的认知,甚至包括教材上介绍的显微镜下的原子照片等。

2.1.1 分子动理论的发展

分子动理论起源于原子学说,其建立经历了很多人的不断补充,包括高中物理教材中提到的德谟克利特、牛顿、胡克、伯努利、焦耳、麦克斯韦,以及后面会介绍的玻意耳、克劳修斯,还有我们在数学课上认识的欧拉、在化学课上认识的罗蒙诺索夫、道尔顿、阿伏加德罗等。我们对其中的几个“节点人物”进行介绍。

古希腊学者德谟克利特(Democritus)曾对学生们说:“……你们看见远处那片树林了吗?由这里望去,它像一堵密不透风的绿墙。但走近一看,穿过它并不困难,它表面上是一堵坚硬的绿墙,其实是树干和枝叶编成的疏网……正像绿墙是由树干和枝叶组成似的,大自然的万物都由看不见的微小粒子——原子构成。原子不能消失,但也不会无中生有。”^①但这是见解、论断、洞察,是思想的火花,并没有

^① 赵凯华,张维善. 新概念高中物理读本(第三册). 北京:人民教育出版社,2009. 后文简称“新概念读本”。

实验基础。

道尔顿的原子论基于物质在发生化学反应时总是有简单的质量比,这比较有说服力。道尔顿的这套倍比定律(提出于1807年)可能也影响了孟德尔——我们在生物课上学习过他的遗传学理论。1865年,孟德尔观察到杂交子代性状的简单整数比,进而推测遗传因子也是颗粒状的——今天我们称其为基因。

阿伏加德罗提出了分子假说,认为物质一般不直接由原子组成,而是由几个原子相结合的分子组成;单质的分子由同种原子组成,化合物的分子由两种或两种以上原子组成;在同温同压下,相同体积的任何气体都含有相同数目的分子。他还指出了基于上述结论的分子量和原子量的测定方法。但一方面,当时的科学界尤其是化学界对新生的原子分子理论莫衷一是;另一方面,阿伏加德罗的这些划时代创见直到半个世纪之后才被他的同胞、意大利化学家坎尼扎罗正名,可惜此时阿伏加德罗已离开人世。

2.1.2 逐字分析“物体是由大量分子组成的”

首先,注意这里用的是“物体”而不是“物质”,因为在电磁学部分我们已经认识到,世界上的物质分两种:一种是东西(物体),另一种不是东西(场)。但这里有一点纠结就是,气体、等离子体是不是物体?我想是吧,不然何以称其为“体”。

其次,这里用了“组成”而不是“构成”,显然,“组成”比“构成”更单纯,我们现在还

不想分析分子之间方位的影响。这也就理解了为什么中学物理中,“气体”这一部分内容占了最大篇幅,因为讨论液体、固体(尤其是固体)时,只谈“组成”而不谈“构成”是远远不够的。

再次,这里的“分子”和化学上的分子、原子含义不同,在研究物体的热运动性质和规律时,我们并不区分原子和分子在化学变化中所起的不同作用,而是把组成物体的微粒统称为分子。分子长什么样?答:不长什么样。有一些习题在估算分子大小的时候按照球形估算直径,另一些习题则按照正方体估算边长,其实都是在估算。分子是刚性的还是弹性的?我们实际上是按照刚性球分析的。这一点我们留到2.1.3小节再分析。

最后,也是最值得认真体会的是“大量”两字。它不是一般大,是相当大。

人们常说“一滴水也可以折射出世界”,哦不,一滴水(约 $0.05\text{mL}=5\times 10^{-8}\text{m}^3$)就是一个世界,里边的水分子数(约 2×10^{21} 个)要远大于全世界的总人口数(约 8×10^9 人)。假设全世界每人每秒数1个分子,大约要1万年才能数完一滴水的分子——问题是1万年内世界人口已经不知道变成了多少。

同样地,假设水分子间没有空隙,那么1个分子的体积大约是 $3\times 10^{-29}\text{m}^3$ 。正如教材上所说,“如果我们把地球的大小与一个苹果的大小相比,那就相当于将直径为1cm的球与分子相比”,这么小的一滴水里竟然能容纳如此多的分子!

于是,我们理解了“1摩尔(mol)”这个

量以及阿伏加德罗常数是“联系宏观量与微观量的桥梁”这样的说法。其实,“1 摩尔分子或原子”的说法就像我们在饭店说的“一打(12 个)小点心”,在印刷厂说的“一令(500 张)纸”等。当然,千万不要在食堂对师傅说“买 1 摩尔馒头”,因为这堆起来得有地球那么大!

“摩尔”一词来源于拉丁文“moles”,原意为“大量”或“堆积”,过去的书上都说是“12 克 $^{12}_6\text{C}$ 中的 $^{12}_6\text{C}$ 原子数目”。2018 年 11 月 16 日,国际计量大会通过决议,将 1 摩尔定义为“精确包含 $6.022\,140\,76 \times 10^{23}$ 个原子或分子等基本单元的系统的物质的量”,同时确定了阿伏加德罗常数 N_A 为 $6.022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。

这样一来,所谓“物质的量”,就可以用摩尔作为单位来量度了。摩尔也被规定为一个基本物理单位。

例 2-1 (2016 上海)某气体的摩尔质量为 M ,分子质量为 m 。若 1 摩尔该气体的体积为 V_m ,密度为 ρ ,则该气体单位体积分子数为(阿伏加德罗常数为 N_A)()。

- A. $\frac{N_A}{V_m}$ B. $\frac{M}{m V_m}$
C. $\frac{\rho N_A}{M}$ D. $\frac{\rho N_A}{m}$

【答案】 ABC。

【分析】 根据题意,选项 A 当然正确;选项 B 中的 $\frac{M}{m}$ 就是选项 A 中的 N_A ,也正确;选项 C 中的 $\frac{\rho}{M}$ 即 $\frac{1}{V_m}$,也正确;选项 D 是什么? ρ 是单位体积的质量, $\frac{\rho}{m}$ 是单位体积

的分子数,多了一个 N_A ,选项 D 错误。

这类题目近些年出现得较少,但我们还是要对质量、摩尔质量、分子质量,体积、摩尔体积、分子体积、密度、阿伏加德罗常数之间的关系做到了如指掌,要认真想清楚各个符号的含义以及各种组合的含义。其中最容易错的是:气体总体积除以分子数不是每个分子的体积,而只是每个分子占据的体积,就像一家三口住着 150m^2 的大房子,但不是每个人的屁股占地 50m^2 。

2.1.3 实验:用油膜法估测油酸分子的大小

这个实验在上一版教材中叫“测分子直径”,很显然现在的说法更科学,因为如果分子不是球形或者圆柱形等的话,何来直径一说? 注意,我们只是通过实验进行估测。这个实验的具体操作步骤教材上讲得很详细,我们不再赘述,只做一些分析。

估测有意义吗? 比如,老师今天进校门时看见一只老鼠,进办公室后给大家伸手比画了一下(大概有一尺长)。有人问:“你量了吗? 一尺是从老鼠的鼻子尖到屁股,还是从鼻子尖到尾巴梢? 老鼠尾巴是卷曲的还是伸直的?”没人会这么较真,因为老师说“这么大”已经代表了既不是芝麻那么长(mm 数量级),也不是汽车那么长(m 数量级)。同理,我们能估测出油酸分子直径在 10^{-10}m 数量级已经很不容易了,没必要再计较它是怎样的形状。

教材上的课后练习举了几道例题来让大家体会“测大估小”的方法,老师想通过

另一个例子来帮助大家理解：怎样用分度值为 1cm 的尺子估算一粒小米的大小？我们可以将 100 或 1 000 颗小米排成一条直线进行估测。但如果这些小米粒在小范围内不停地运动而无法排列成直线呢？我们可以先测量一盒小米的总体积，然后把它们细心地倒在水平桌面上，确保小米粒没有受潮结成一团，铺成只有一粒米厚的一层，再量出面积，最后用体积除以面积就是这个“小米膜”的厚度。在这个过程中，我们并不计较这个“小米膜”不是由一粒粒小米紧挨形成的小方块。用油膜法估测分子大小的思路也是大致如此。

教材中的实验对象是油酸分子，其分子式为 $C_{17}H_{33}COOH$ ，一部分是羧基 $-COOH$ ，它对水有较强的亲合力；而另一部分烃基 $C_{17}H_{33}-$ 对水没有亲合力，要冒出水面。当油酸在水面上形成有自由边界的油膜时，每一个分子都是“站立”在水面的，从而形成单分子层。不过，即使是 $1mm^3$ 的纯油酸，在水面上也会形成几个 m^2 的单分子油膜。配制油酸酒精溶液有两个好处：一是使一滴溶液中油酸的体积比较小，适合在浅水盘中形成方便测量面积的油膜；二是有助于把油酸分子团打散，让它们不会像受潮的小米那样一团一团地堆叠。酒精既能溶解油酸又能溶于水，“事了挥发去，不留功与名”。

其他实验步骤教材上说得很清楚，这里不再赘述。我们来关注一下测量值偏大或偏小的问题。

测量值偏大还是偏小，是中学物理实

验中经常被提及的问题，回答的关键是区分谁是测量值、谁是真实值。那么，哪些操作可能导致分子大小的测量值偏大？

设 N 滴浓度为 A 的油酸酒精溶液总体积为 V_0 ，在水面上形成的油膜面积为 n 小格，每小格面积为 S_0 ，那么油酸分子膜的厚度为

$$d = \frac{V_0 A}{N} \cdot \frac{1}{n S_0}$$

注意，式中各个物理量都要用国际单位。很显然， V_0 或 A 测大了、 N 或者 n 测小了都会导致 d 的测量值偏大。它们分别对应什么场景？量筒中观察液面按最高处记录了 V_0 ， V_0 就会偏大；配制溶液时把浓度记录大了， A 就会偏大；数液滴数 N 时数少了或者数格求面积时把格数少了（或者没算上不够一格的）等。注意，最终估测结果的数量级是 $10^{-10}m$ ，如果不是，就说明你大概率算错了。

关于原子学说的重要性，我们可以看一下费曼教授在《费曼物理学讲义》（上海科学技术出版社，1989 年第 1 版）第一章第 2 节开头的评价：“假如由于某种大灾难，所有的科学知识都丢失了，只有一句话可传给下一代，那么怎样才能用最少的词汇来传达最多的信息呢？我相信这句话是原子的假设：所有的物体都是由原子构成的——这些原子是一些小小的粒子，它们一直不停地运动着，当彼此略微离开时吸引，当彼此过于挤紧时又互相排斥。只要稍微想一下，你就会发现，这一句话中包含了大量的有关这个世界的信息。”这些信息就是：原子、分子理论能帮助我们理解大多

数实体物质的性质与表现。

2.2 分子在做永不停息的无规则热运动

对于上面标题中的这句话,我们可以逐层分析一下。

2.2.1 扩散说明分子在运动

分子在运动,这一点我们在初中阶段就学过。最能体现这一点的就是像“墙里开花墙外香”这样的扩散现象。但什么是扩散现象?教材上说的是“不同种物质能够彼此进入对方”,似乎并不清晰。老师觉得应该说成是“分子自发地由分子浓度大的地方向浓度小的地方迁移的现象”,而且未必是进入另一种物质。图 2-1 展示了两个常见的演示实验,其中图 2-1(a)是空气和二氧化氮的互相扩散,二氧化氮气体是棕色的,便于观察,但如果把两个瓶子倒过来,开始时空气在下面,则不能说明是扩散现象,因为二氧化氮的密度比空气的大,所以不能说明是因为扩散。而在图 2-1(b)所示的往清水中滴入红墨水的实验中,有相当明显的对流,不能说只是由于扩散的效果。如果真要做这个实验,应该让水处于静置状态,这需要花几个小时才能看到明显的扩散效果。同理,“墙里开花墙外香”恐怕也不能完全说是因为扩散,更可能是“飘来”,是对流。固体之间的扩散更不是短时间之内能观察到的,而像“墙角一堆煤,铲走一片黑”这样的例子,一则现在的学生可能几乎没有见过,二则可能是煤炭

的颗粒渗透进墙壁中而不是分子扩散进去。初中教材上举例说的“磨得很光滑的铅片和金片之间的扩散”,是在室温下放置 5 年后再观察的。

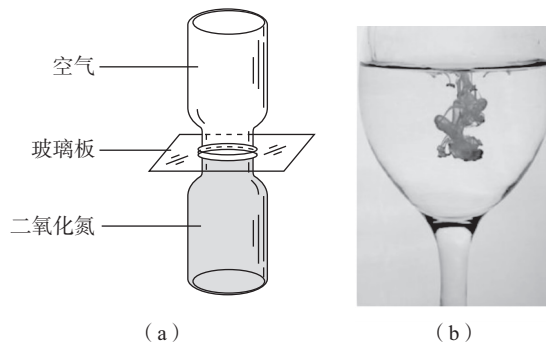


图 2-1

证明扩散快慢与温度有关的实验也比较好设计。取两个试管,分别放入冷水和热水,在不扰动水的条件下,在试管底部注入少量红墨水,然后观察扩散快慢。实验效果很明显,但要注意排除对流的影响。

但扩散能说明分子在做无规则运动吗?各种考试题都要回答“是”,但仔细想一想,似乎有问题。既然分子运动是无规则的,那么从酒瓶里散出去的香气会不会像《一千零一夜》中被所罗门王封印的妖怪一样再回到瓶子里?我们发现,在同样的环境中,扩散总是从分子数密度高的地方向分子数密度低的地方进行,分子数密度均匀以后,宏观的扩散就再难观察到了,这难道不是有规律的吗?这里要理解“微观无规则、宏观有规律”这样一个辩证统一。

扩散的方向性是一种总体趋势,具体到分子,哪一个或者哪一些分子在什么时候从这一边跑到另一边去是无规则的,但从总体上看,从浓度高的一侧向浓度低的一侧运动的分子数量要更多一些。

我们初中所学的液体(向空气中)蒸发其实也可以理解为一种扩散,为什么升高温度、增大表面积、加快表面处空气的对流能加快蒸发?温度升高,运动较快的分子数增加;增大表面积,增大了分子从液体中“跑”出去的机会;加快表面处空气对流,使相同时间内从液体中运动到空气中的分子数总是多于从空气中回到液体中的分子数。于是,我们也就理解了饱和蒸汽、饱和溶液,甚至化学反应中的动态平衡。

从这个角度看,人的命运是辩证法而不是迷信。“命”是大趋势,是必然性;“运”是小机遇,是偶然性。当然,人不同于分子的地方还在于人不完全是无规则热运动,而是有自己的主观能动性。

2.2.2 布朗运动说明了分子在做永不停息的无规则热运动

我们先通过一道荒诞的选择题来加深一下对布朗运动的理解。

例 2-2 布朗运动是指()的无规则运动?

- A. 布朗先生
- B. 液体分子
- C. 悬浮在液体中的固体小颗粒
- D. 固体颗粒中的分子

【答案】 C。

【分析】 略。

早在 19 世纪初,就有很多人注意到了布朗运动。1827 年,英国植物学家布朗先生首先在显微镜下观察悬浮在水中的藤黄花粉小颗粒。他在排除了环境干扰以及花粉颗粒的生物活性等因素后,换用别的无

机物颗粒进行实验,发现这些悬浮颗粒仍然在不停地做无规则运动。虽然他不能给出令人信服的解释,但大家还是把这种悬浮在液体中的固体小颗粒的无规则运动称为布朗运动。这里,无规则运动的定语是“悬浮在液体中的固体小颗粒”,所以前面的选择题当然选 C,而选项 A 显然是为了加深印象而设置的。

事实上,人们发现不一定是花粉颗粒,各种悬浮在液体中的固体小颗粒都可以做布朗运动,比如教材上介绍的实验是在显微镜下观察稀释了的墨水中的小炭粒的运动情况。

实验结果是:如果追踪某一个小颗粒的运动,没有什么规律可言,各种书上给出的每隔 30s 记录一次的位置连线,恐怕也未必是自己实际记录的,但问题是就算胡乱画一条,也不能确认它的真假,因为就像世界上没有两片完全相同的树叶一样,也没有任何两个微粒的位置连线是完全一样的。本书采用教材上的配图(见图 2-2),注意这不是 3 个微粒的轨迹,因为即使只是在每两个位置间的 30s 之内,它们的运动仍然是不规则的。

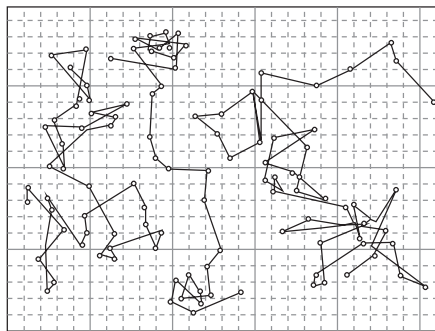


图 2-2

我们回到那句“微观无规则、宏观有规