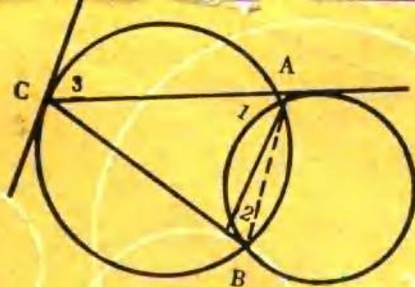


数理化基础知识

M



物理

(=)

山东科学技术出版社

数理化基础知识

物 理

(二)

章云台 任兰亭 田均福 编
张洪普 周长贺 欧阳玲君

山东科学技术出版社

一九八〇年·济南

内 容 提 要

本书是《数理化基础知识》中的一本。它系统地介绍了有关分子运动论、热量和比热容、物质三态（气、液、固）的性质，以及物态变化等热学方面的基本知识。

本书文字朴实，说理清楚，可供中等业余学校作教材用，也可作为广大青年和干部的自学用书，还可供考大学的青年和在校学生学习参考。

数理化基础知识

物 理

（二）

章云台 任兰亭 田 均 福 编
张洪普 周长贺 欧阳玲君

*

山东科学技术出版社出版
山东省新华书店发行
山东新华印刷厂潍坊厂印刷

*

787×1092 毫米 32 开本 13.125 印张 267 千字

1980 年 12 月第 1 版 1980 年 12 月第 1 次印刷

印数：1—35,000

书号 13195·38 定价 1.10 元

编 者 的 话

数学、物理、化学是重要的基础学科。它已经渗透到人们的全部实践活动。纵览宇宙，运算天体，探索粒子之微，揭示生命之谜，从高深抽象的科学理论，到人们丰富繁杂的日常生活无处不用数理化。今天，在向四化进军中，越来越显示出学好数学、物理、化学的重要作用。

从提高整个中华民族的科学文化水平出发，为配合业余教育的全面开展，满足广大读者自学的迫切需要，特别是为了帮助考大学的青年和在校学生加深对课本知识的理解，提高分析问题和解决问题的能力，我们编写了这套《数理化基础知识》。其中，《代数》3册，《几何》、《三角》、《解析几何》、《微积分》各一册；《物理》4册；《化学》2册。

在编写过程中，我们根据成人和速成的特点，参照教育部现行中学教学大纲的内容，由浅入深，循序渐进，着重讲清数学、物理、化学的基本概念和基本知识，对每一章中的关键性问题都做了重点介绍，并重视了运算技巧的训练和分析总结解题规律。每册书都选有一定数量的综合性习题，在选择习题时还注意了习题的典型性，以培养读者举一反三的能力。每章后有小结，难度大的习题有提示，书末有答案备查。

这套基础知识丛书，可供中等业余学校作教材用，也可作为知识青年和干部的自学用书，还可供考大学的青年和在校学生学习参考。

目 录

第一章 分子运动论	3
§ 1.1 物质的结构	3
§ 1.2 布朗运动	4
§ 1.3 扩散现象	6
§ 1.4 分子的大小	8
§ 1.5 分子间的空隙	12
§ 1.6 分子间的相互作用力	15
§ 1.7 分子的热运动	20
小 结	22
复习题一	23
第二章 热量和比热容	25
§ 2.1 物体的内能	25
§ 2.2 内能的变化	28
§ 2.3 热动平衡与状态参量	31
§ 2.4 温度和温标	33
§ 2.5 热量与热量的单位	43
§ 2.6 物体的热容与物质的比热容	48
§ 2.7 比热容的测定	57
§ 2.8 热 和 功	65
§ 2.9 燃料的燃烧值	71
§ 2.10 热力学第一定律	76
小 结	81

复习题二	85
第三章 气体的性质	89
§ 3.1 理想气体分子运动模型	89
§ 3.2 气体的平衡状态和状态参量	91
§ 3.3 气体的等温变化——玻意耳—马略特定律	94
§ 3.4 等温过程中气体的压强与密度的关系	107
§ 3.5 气体的等压变化——盖·吕萨克定律	112
§ 3.6 热力学温标	121
§ 3.7 理想气体和真实气体	126
§ 3.8 理想气体的状态方程	131
§ 3.9 道尔顿分压定律与混合理想气体的状态方程	150
§ 3.10 理想气体的压强公式	154
§ 3.11 理想气体的温度公式	157
§ 3.12 麦克斯韦速率分布律	163
§ 3.13 热力学第一定律对理想气体等值过程的应用	172
小 结	178
复习题三	180
第四章 液体的性质	193
§ 4.1 液体分子间的作用	193
§ 4.2 液体的宏观特性	195
§ 4.3 液体的表面性质	204
§ 4.4 浸润和非浸润	215
§ 4.5 毛细现象	218
小 结	226
复习题四	228
第五章 固体的性质	232
§ 5.1 晶体和非晶体	232

§ 5·2	晶体的空间点阵	237
§ 5·3	固体的弹性和范性	241
§ 5·4	弹性形变的类型	244
§ 5·5	弹力和胁强	253
§ 5·6	胡克定律	255
§ 5·7	极限强度、资用胁强和安全系数	263
§ 5·8	硬度	267
§ 5·9	线膨胀	269
§ 5·10	面膨胀和体膨胀	275
§ 5·11	热应力	284
小 结		287
复习题五		289
第六章	物相变化	292
§ 6·1	物相的变化	292
§ 6·2	熔解和凝固	294
§ 6·3	汽化和液化	303
§ 6·4	饱和汽和未饱和汽	321
§ 6·5	升华、凝华和三相点	326
§ 6·6	湿度与露点	329
小 结		336
复习题六		339
第七章	热机	342
§ 7·1	热机的组成和原理	342
§ 7·2	理想气体的卡诺循环	345
§ 7·3	热机的效率	351
§ 7·4	热力学第二定律	354
§ 7·5	蒸汽发动机	358

§ 7•6 内燃机.....	369
小 结	380
复习题七	382
总复习题.....	384
习题答案.....	402

在人们的实践活动中,到处都可以碰到热现象。例如,四季的变化;风、雪、雨、露的形成;金属的冶炼;机器部件的热处理;燃料的燃烧;热机的运行;半导体材料的制造等,都伴有热现象的发生。我们把研究热现象的规律及其应用的学科,叫做热学。

追溯热学发展的历史,大体可以分为四个阶段:第一阶段,是从远古到十六世纪末。人类在生产实践中,开始接触到了热现象,例如,烧制陶器、炼制铜器和铁器等,但由于生产水平和认识水平的限制,对热现象还不能进行系统的研究。第二阶段,是从十六世纪末到十八世纪中期。在此期间,瓦特、卡诺等科学家对热机的研制成功,罗蒙诺索夫提出的分子运动论和运动守恒的概念,大大地促进了热学的发展。第三阶段,是从十八世纪中期到二十世纪初期。在这段时期内,以迈耳、焦耳、克劳修斯和开尔文为代表的科学家,在相继发现了热学第一、第二定律的基础上,进一步发展和完善了分子物理和热学的系统理论,开辟了统计物理的新领域。第四阶段,是从二十世纪中期到现在。在此期间,能斯脱发现和总结了热力学第三定律,德布罗意、玻尔和普朗克等人逐步建立和发展了量子力学的基本理论,使热学获得了进一步的发展。随着科学的发展,对热学理论的研究,将更加深入;热学的应用,将更加广泛。展望热学的未来,前景无限

广阔。

下面，我们将在中学物理的范围内，比较系统地介绍有关分子运动论、热量和比热容、物质三态的性质以及物态变化等热学方面的基本知识。

第一章 分子运动论

§ 1.1 物质的结构

早在 2300 年前，古希腊著名学者德莫克利特就曾提出过这样的学说：一切物质都是由最小的质点——原子构成的，这些原子在不断地运动着和相互作用着。到了 1738 年，D·伯努利在他的《流体力学》一书中，对这个学说提出了初步的理论。1840 年，俄国科学家罗蒙诺索夫对这个理论作了系统地研究，从而建立了“分子运动论”，为人类认识物质奠定了科学的理论基础。

分子运动论，是用分子的运动和分子之间相互作用的观点来解释物质性质和有关物理现象的学说。

下面，让我们先从分子讲起吧！

在雨后的柏油马路上，一片片油迹在水面上扩展开来，闪烁着五颜六色的花纹；打开香水瓶塞，一股芬芳的馨香即刻扑鼻而来；把糖块放在清水中，搅拌一会儿就不见了，水却变甜了；研磨机把铁块研成粉末，这些粉末再细也能被磁铁吸引，等等。这些现象表明，物质可以被分割成无数极小的颗粒，甚至可以小到用肉眼直接观察不到的程度。但这些颗粒，依然保持着原物质的属性。物质的这种性质，叫做物质的可分性。物质分割成的能够独立存在并保持原物质化学性质的最小颗粒，叫做分子。

随着科学的发展，观察手段的不断完善，科学家们进一步发现：在化学过程中，分子还可以被分割成更小的颗粒。这种更小的颗粒就是原子。

原子是由原子核和绕核高速旋转的电子组成的。原子核是由质子和中子构成的。电子、质子和中子统称为基本粒子。

近四十年来，从宇宙射线和高能加速器的实验中，先后发现了二百多种基本粒子，并证实基本粒子还是可以被分割的（有关原子结构方面的内容，将在物理第四册中作详细介绍）。

从上述可以看出，物质的结构是复杂的，人类的认识也是无限的。科学的发展终将证明：物质是能够被无限分割的。

习 题 1

1. 物质是由哪些粒子构成的？什么叫分子？分子是否是组成物质的最小微粒？
2. 什么是原子？原子是由什么构成的？

§ 1.2 布 朗 运 动

用藤黄粉（或花粉）制成水的悬浊液，滴在玻璃片上，放在六百倍以上的显微镜下观察（图 1.1），^①就会发现这些藤黄微粒都在不停地无规则地运动着。悬浮微粒的这种运动，是 1827 年英国科学家布朗最早发现的，所以称它为布朗运动。而把参与这种运动的微粒叫做布朗质点。

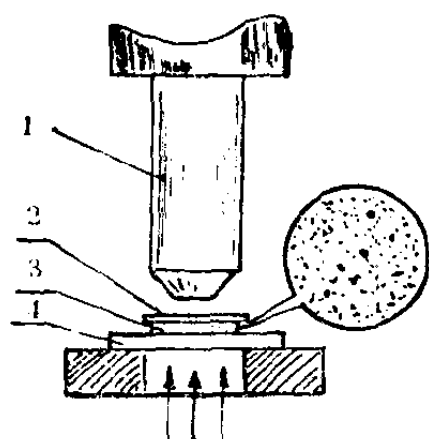


图 1·1 观察布朗运动

1. 物镜 2. 盖片玻璃 3. 悬浊液滴
4. 载物玻璃

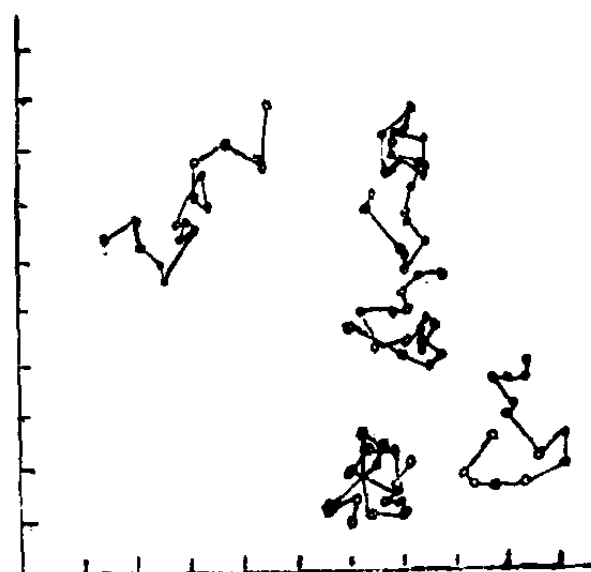


图 1·2 布朗质点的位置变化曲线

如果把注意力集中在某一个布朗质点上，可以看到它的运动轨迹是一些不规则的折线。布朗质点似乎在某种力的突然推动下跳动，又好象是碰到什么而突然停止。

比较任意的两个布朗质点运动时，我们并不能发现它们有任何共同之点。因此，布朗运动是杂乱的、毫无规则的。

图 1·2 中画的是五个布朗质点每隔 20 秒钟的位置变化曲线。它由微粒每隔 20 秒钟所取位置的点连接而成，并不是布朗质点运动的实际轨迹。

液体的温度越高，布朗运动进行得越激烈。不管连续进行多长时间的观察，都会发现布朗运动一刻也不会停息。

起初，人们认为布朗运动是由于外界影响（如静电力、振动或液体的对流等）引起的，后来，精确的实验指出，在尽可能排除外界因素干扰的情况下，布朗运动仍然是存在的。

布朗质点为什么会作不规则的运动呢？实验观察到的现象给我们以这样的启示：布朗质点虽小，还是有一定质量的，

它的运动必定遵循力学定律。质点频繁短促的跳跃，一定是获得了动能，而传递这部分动能的只能是与质点相接触的液体分子。液体分子无规则地从四面八方不断地撞击布朗质点。在某一瞬间，液体分子对布朗质点的撞击力是不平衡的。于是，布朗质点就朝着撞击力较小的方向运动。而在下一瞬间，撞击力较小的方向改变了，质点的运动方向也就随之改变。布朗质点越小，布朗运动越显著。

实验观察表明，气体中的布朗运动要比液体中的布朗运动激烈得多。这说明气体分子的无规则运动要比液体分子强得多。

习 题 2

1. 什么叫布朗运动？布朗运动有什么特点？
2. 布朗运动的实质说明了什么问题？为什么温度越高布朗运动越激烈？
3. 为什么气体中的布朗运动比液体中的布朗运动强烈得多？
4. 为什么布朗质点越大，布朗运动就越不显著？

§ 1.3 扩散现象

在房间的一角，如果将一瓶香水打开，站在房间其它角落的人，也会闻到香水的气味。显然，香水的分子已经从液体的表面渗透到空气中去了。如果有足够长的时间，所有的香水都会挥发掉。香水分子将均匀地分布在整个房间中（图 1.3）。

在盛满溴气的瓶口上面，倒置着一只等口径的盛满空气的玻璃瓶，并用阀门或玻璃片把溴气和空气隔开（图 1.4）。

若把阀门打开后，就会看到，比重较大的溴气渐渐上升，并渗入到比重较小的空气中去。经过几分钟，两种气体就完全混合了。

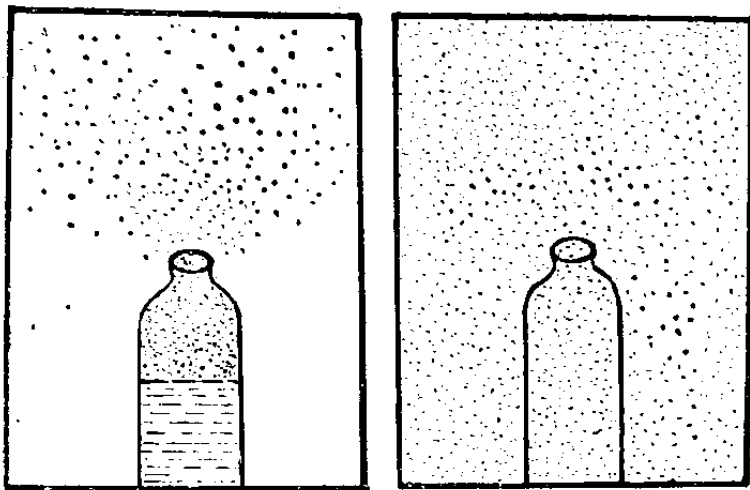


图 1.3 香水分子的扩散

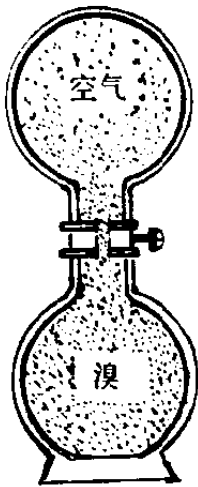


图 1.4 溴分子的扩散

在量筒里先装一半蓝色的硫酸铜溶液，然后小心缓慢地在液面上注入一层清水（图 1.5）。因为硫酸铜溶液的比重大于水的比重，所以开始时，界面 AB 是清晰的；经过几小时后，界面 AB 就不见了，蓝色的硫酸铜溶液已渗透到清水中去了；再经过一段时间，两种液体就均匀地混合在一起了。

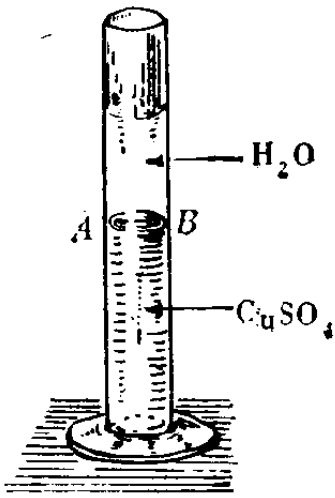


图 1.5 观察液体分子的扩散

把铅板和金板表面磨光后，将铅板迭置在比重较大的金板上，再压一些重物。在室温下（约 18°C ），铅和金是不会熔化的，可是经过四、五年，它们却会长合在一起。如果用力把它们分开，可以看到，在界面附近已相互渗透，生成了一层约 0.5 厘米厚的铅金合金。

以上实验证明：物体在相互接触时，都可以自发地互相渗透到对方中去。这种现象叫做扩散。

扩散现象是物质分子作无规则运动的直接例证。由于相互接触的物体分子是在不停地无规则地运动着，所以，这些分子自然就会越过物体的相互接触面而彼此渗入，形成扩散现象。

扩散现象与温度有关。若在不同的温度下作扩散实验，可以看到，温度越高，扩散进行得越快。

扩散现象还与接触物质的性质有关。气态物质扩散进行得最快；液态物质扩散进行得较慢；固态物质扩散进行得最慢。

在自然界中，扩散现象起着重要的作用。它使地球表面附近的大气保持稳定的相同的成分。土壤内所含有的各种盐类溶液，通过扩散现象能够迅速地促进植物的生长。

习 题 3

1. 什么叫扩散现象？扩散现象进行的快慢与哪些因素有关？
2. 在自然界中扩散现象有什么意义？

§ 1.4 分子的大小

分子的体积一般来说是很小的。借助于显微镜能够观察到直径是 0.0001 毫米以上的微粒，而在这样小的微粒中，却包含了几百万个以上的分子。也就是说，借助于显微镜可以观察到的是百万个以上分子组成的分子团。

一、1 摩尔分子物质里的分子数

新的国际单位制规定，若一物质系统所含基本单元的个数等于 12 克碳—12 的原子数时，则该系统物质的量称为 1 摩尔。

根据实验测定，12 克碳中含有的碳原子数是 6.022045×10^{23} 个。这个数被称为阿佛伽德罗常数，并记为 N 。也就是说，1 摩尔任何物质所包含的粒子数都是阿佛伽德罗常数。在一般的计算问题中，通常取

$$N = 6.02 \times 10^{23} / \text{摩尔}。$$

应用化学分析的方法还可以证明，对任何物质来说，1 摩尔原子物质所包含的原子数目，与 1 摩尔分子物质所包含的分子数目是相同的，也等于阿佛伽德罗常数。

由阿佛伽德罗定律，如果知道某种物质的摩尔质量数，就不难求出在单位体积内该物质的分子（或原子）数目。例如，已知铜的摩尔质量是 0.039 千克/摩尔，铜的密度是 $D = 0.0089$ 千克/厘米³，可以求出 1 立方厘米的铜块中所包含的原子数目是 $n = 1.4 \times 10^{23}$ 个原子/厘米³。而对气体来说，在标准状况下 ($P = 1$ 标准大气压， $T = 273\text{ K}$)，1 摩尔质量的任何气体的体积都是 22.41 升。如果从其中取出 1 立方厘米的气体，它所包含的气体分子数目大约是

$$n = 2.683 \times 10^{19} \text{ 个分子/厘米}^3。$$

这个数目叫做阿希米脱数。

在使用摩尔表示物质的量时，必须指明基本单元的名称。基本单元可以是分子、原子、或其他基本粒子，也可以是这些粒子的特定组合。例如，1 摩尔氢分子、1 摩尔氧分子、1 摩尔水分子或 1 摩尔硫酸分子，它们都包含有 6.022045×10^{23} 个分子。