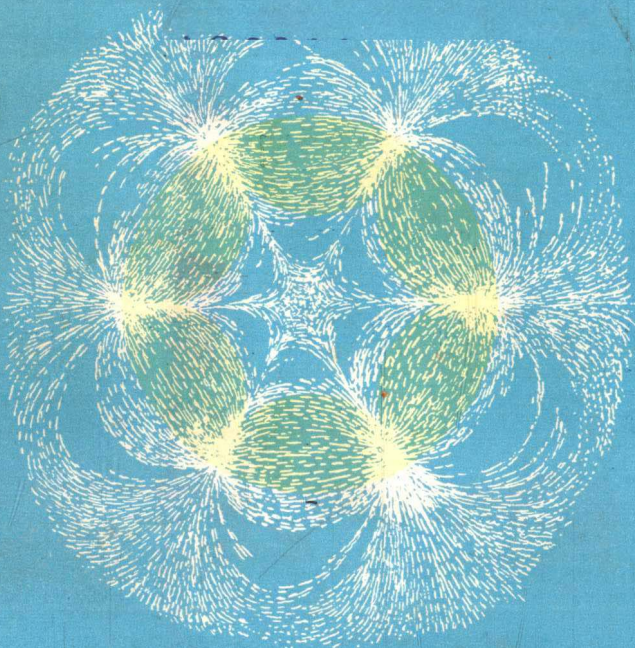




中等师范学校课本

物理学

第二册

人民教育出版社

中等师范学校课本

(试用本)

物理学

第二册

阎金铎 张计怀 窦国兴 编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张8.5 插页1 字数176,000

1983年1月第1版 1983年5月第1次印刷

印数 1—191,000

书号 K7012·0396 定价 0.66 元

第一章 分子运动论和热力学基础	1
一、物质的分子结构 分子的大小和质量	1
二、分子的运动	4
三、分子间的相互作用力	6
四、大量分子服从热运动规律	9
五、温度	12
六、物体的内能	14
七、内能的改变——做功和热传递	17
八、热量	19
九、热力学第一定律	24
十、热力学第二定律	26
第二章 气体、液体和固体的性质	30
一、气体的状态 压强	30
二、气体的压强跟体积的关系	33
三、气体的压强跟温度的关系	38
四、气体状态方程	41
五、气体状态方程的应用	44
六、液体的表面现象	47
七、毛细现象	51
八、晶体和非晶体	56
九、固体的弹性、塑性和脆性	60
第三章 物态变化	64
一、溶解和凝固	64
二、溶解热	68
三、溶解和凝固时体积的变化	70

四、蒸发和凝结	74
五、饱和汽和饱和汽压	78
六、沸腾	81
七、汽化热	84
八、气体的液化	88
九、空气的湿度	92
十、湿度计	95
十一、大气中水汽的凝结及其与农业的关系	100
第四章 电荷和电场	103
一、电荷和电子	103
二、库仑定律	106
三、电场 电场强度	110
四、电势能 电势	114
五、电场强度跟电势差的关系	118
六、用电场加速带电粒子	120
七、电场中的导体	123
八、电荷在导体上的分布	126
九、电介质	131
十、导体的电容 电容器	134
十一、电容器的连接	139
第五章 电流和电路	144
一、电流	144
二、欧姆定律	146
三、电功和电功率	149
四、电阻的串联	152
五、电阻的并联	155
六、安培表及其扩大量程	159
七、伏特表及其扩大量程	162
八、电源 电动势	165

九、电池组	167
十、闭合电路的欧姆定律	170
十一、闭合电路中的功率	175
十二、电阻的测量	177
第六章 各种物质中的电流	183
一、液体中的电流	183
二、电解定律	185
三、气体的导电性	188
四、大气中的放电现象	192
五、稀薄气体中的放电现象	196
六、气体放电光源	198
七、真空中的电流	201
八、三极电子管	205
九、示波管	207
十、半导体中的电流	209
十一、晶体二极管	211
第七章 电流的磁场	217
一、电流间的相互作用 磁场	217
二、描述磁场强弱的方法 磁感应强度	222
三、电流磁场的磁感应强度	225
四、磁场对载流导线的作用力	228
五、直流电动机原理	232
六、磁电式电表原理	235
七、磁场对运动电荷的作用力——洛伦兹力	237
八、带电粒子质量的测定——质谱仪	240
*九、回旋加速器	243
十、磁介质简介	247
学生实验	252
一、观察分子热运动和分子力的现象	252

二、验证玻意耳-马略特定律	252
*三、表面张力系数的测定	253
四、水的汽化热的测定	254
五、露点和相对湿度的测定	255
六、研究静电现象	255
七、测定两个小灯泡在串、并联电路中的功率	255
八、测定电流表的量程和内阻	257
九、把电流表改装成伏特表	258
十、测定电池的电动势和内电阻	259
十一、研究电源的输出功率	260
十二、学习使用示波器	261
十三、用电流天平测磁感应强度	265
十四、安装直流电动机模型并研究它的工作	267

第一章 分子运动论和热力学基础

物体是由大量分子构成的,每个分子都在不停地、无规则地运动着。跟大量分子的无规则运动有关的现象,叫做热现象。

从微观角度,根据物质的分子结构和分子运动来研究热现象规律的基础理论,叫做分子运动论;从宏观角度,根据观察和实验的事实来研究热现象规律的基础理论,叫做热力学。

在这一章里,主要介绍分子运动论的基本内容和热力学的基础知识。

一、物质的分子结构

分子的大小和质量

在古代希腊和中国,很早就有过物质是由某些物质元素组成的假说,其中以古希腊的德谟克利特的原子论的思想最为深刻。

德谟克利特是个勤于思索的人。他在走到河边,看到成群的小鱼在水里游来游去的时候,就想:水也是一种东西,为什么不象石头那样密实呢?他在用石块撞击石块,看到石块被击碎的时候,又想到石头也不是结实的东西。观察得越多,思

考得越深刻。湿了的衣服不是会逐渐失掉水分而变干燥吗？滴进水池里的有色液体不是会自动扩散开来吗？……所有这些，使他得出一个结论：世界上的东西，都是由许多不可再分割的最小粒子组成的。这种不可再分割的粒子，在希腊文字中叫做原子，即组成万物的最原始的粒子。

今天，在化学课程中我们已经知道，分子是构成物质并具有这种物质化学性质的一种微粒。分子还可以分解为原子，原子是用化学方法不能再分的微粒。许多物体都是由各种物质的分子构成的；也有一些物体是直接由原子组成的，如金属。为了叙述方便，我们以后一般只提分子，但所讨论的对象，也包括直接由原子所组成的物体。

我们知道，1 摩尔各种物质中所含的分子数是相同的，都是 6.02×10^{23} 个。这就是说， 32×10^{-3} 千克的氧包含有 6.02×10^{23} 个氧分子； 18×10^{-3} 千克的水包含有 6.02×10^{23} 个水分子。这个数叫做阿伏加德罗常数，用 N_0 表示，即

$$N_0 = 6.02 \times 10^{23} / \text{摩尔}.$$

为了想象这个数有多大，我们来看几个例子。有一个容器，里面装有 1 摩尔的水，即 18×10^{-3} 千克的水。这点水你一口就可以喝完。假如有一个极小的动物来喝水，它每秒钟喝进一百亿个水分子，试问要多久才能把这点水喝完呢？有兴趣的同学可以算一算，答案是大约需要二百万年。假如把这点水均匀地分布在地球的表面，那么每平方米表面还可以分得 9 亿多个水分子。

1 摩尔物质里含有的分子数既然这样庞大，那就表示分子本身的体积是极其微小的。我们知道，钢块可以做成 0.003

毫米薄的钢片；金块可以做成 0.0001 毫米薄的金箔，这种金箔能够透过光线；一滴油在水面上可以散开成 0.000001 毫米的薄层。这些物质的分子的大小当然比上面的数据还要小，即分子比一百万分之一毫米还要小，分子究竟有多大呢？

知道 1 摩尔物质包含的分子数 N_0 ，用实验测出 1 摩尔某种物质的体积 V ，再假定分子的形状是直径为 d 的球，则根据

$$\frac{1}{6}\pi d^3 \cdot N_0 = V,$$

可以估算出分子的直径。经过计算得知，多数物质分子的直径只有几个埃（1 埃 = 10^{-10} 米），即只有一米的一百亿分之几。如果把一亿个分子排成一排，也不过几个厘米长。我们用肉眼不可能直接看到分子，用显微镜所看到的极为微小的颗粒中，也包含着大量的分子。今天，只有用电子显微镜才能直接拍到个别较大的分子（如蛋白质分子）的照片。

分子是这样的微小，每个分子的质量也是非常小的。知道 1 摩尔物质的质量 μ 和阿伏加德罗常数 N_0 ，就可以计算出一个分子的质量

$$m = \frac{\mu}{N_0}.$$

例如，1 摩尔氧气的质量是 32×10^{-3} 千克，即 $\mu = 32 \times 10^{-3}$ 千克/摩尔，它含有 N_0 个氧分子，所以，1 个氧分子的质量

$$m_{O_2} = \frac{32 \times 10^{-3}}{6.02 \times 10^{23}} \text{ 千克} = 5.31 \times 10^{-26} \text{ 千克}.$$

二、分子的运动

把香水瓶的瓶盖打开, 周围的人过一会儿就闻到了香味, 这说明香水的分子在运动, 逐渐向各个方向飞散开来。

在一个容器里装一半水, 然后, 用长颈漏斗将硫酸铜溶液注入到水的下面 (图 1-1), 可以看到无色的水和蓝色的硫酸铜溶液的界面非常清楚。但是, 经过一定时间后, 渐渐地界面上方的水变蓝, 界面下方的溶液颜色变浅, 界面逐渐模糊, 最后, 全部液体变成均匀一致的颜色 (参看彩图 1)。这是水和硫酸铜溶液的分子在不停地运动的结果。

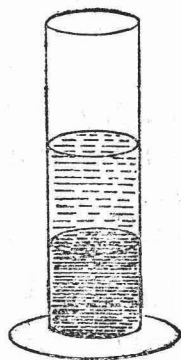


图 1-1

一种物质的分子从密度大的地方迁移到密度小的地方去, 或不同物质在接触的时候彼此进入对方里去的现象, 叫做扩散。

不仅气体和液体有扩散现象, 固体也有扩散现象。曾有人把一块铅片和一块金片磨光后紧压在一起, 在普通室温下放置五年, 结果发现: 铅和金互相渗入对方 1 毫米深。由于铅和金在室温下不会溶解, 所以在它们接触处形成一层铅金合金, 显然是扩散的结果。在工业生产中, 往低碳钢工件的表层中渗碳来增加它的强度和耐磨性时, 利用的也是原子在固体中的扩散现象。让含碳物质 (渗碳剂) 跟低碳钢工件接触, 在 900°C 的高温下保持几小时, 碳原子就可以渗进钢铁表面 1

毫米深。

扩散现象说明了分子在不停地运动。然而，分子的运动有没有规则呢？让我们再观察一个实验。

把很小的物质微粒（直径约 10^{-3} 厘米以下），放在不能溶解这种物质的液体里，例如，把少量藤黄粉末放在



图 1-2

水里。然后取一滴放在显微镜下观察(图1-2)。可以看到这些小颗粒在不停地、无规则地运动着。微粒越小，运动越激烈。

十九世纪三十年代，英国植物学家布朗就做过这样的实验。他用显微镜观察一些在水中的花粉，发现花粉在水中不断地做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。

当时人们认为布朗运动是花粉的微小颗粒本身在运动。然而，今天我们已经知道，布朗运动只有从分子运动的观点才能得到解释。原来，悬浮在水中的颗粒，总是被四面八方的水分子所包围。由于水分子数多，又在不停地运动，所以浮在水中的颗粒就要受到来自各方向的水分子的撞击。每一个水分子撞击颗粒时，将给颗粒以一定的冲力。对于体积大的颗粒，一方面因为在任一瞬间和它撞击的分子数较多，来自各方向的冲力，平均地说可以认为相互平衡；另一方面因为其质量较大，如果受到极小的冲力，也很难改变其原有状态，所以较大的颗粒几乎不运动。对于体积较小的颗粒，则在任一瞬间

和它相碰的分子数是较少的，可能从某一方向撞击颗粒的分子数多于其他方向上的分子数。这样，来自四面八方的冲力不会互相平衡，且其质量又小，所以较小的颗粒就会沿着受冲力较大的方向运动。但是，在下一瞬间，颗粒可能在另一方向受到较大的冲力，于是它又沿着另一方向运动。所以，颗粒就显示出无规则的运动。可见，小颗粒的布朗运动间接地反映了液体分子是在做无规则的运动。

在不同的温度下，观察悬浮在同一种液体或气体中的颗粒所做的布朗运动时发现：温度越高，颗粒的运动越激烈。这说明了物体分子的无规则运动是跟温度有关的，物体的温度越高，物体分子的无规则运动越激烈。

三、分子间的相互作用力

既然物体是由分子构成的，分子又在不停地做无规则的运动，为什么固体或液体能保持一定的体积，不会自动地分散开来呢？为什么切割金属、拉断绳子还要用很大的力呢？原来，分子之间有相互吸引的作用力，就是通常说的分子引力。

窗户玻璃被打碎了，能不能把它们拼放在一起，利用分子引力使碎玻璃复原呢？显然这是不可能的，因为分子间引力的大小是跟分子间的距离有关的。距离越大，分子间的引力越小。只有当分子间的距离很小时，分子引力才比较显著。两块玻璃拼放在一起，由于表面并不是绝对光滑的，实际上只有极少数的分子互相接近到距离很小的程度，大部分分子彼此间的距离还是比较大的，因此，总的引力非常小，不足以使它

们连接在一起。然而,如果给玻璃加热,使它们变软。这时,就有大量的分子彼此接近到引力起作用的距离,从而显示出很大的引力,这样就能把两块玻璃接合起来。

把两块干净的铅压紧以后,也能连在一起,并且可以在它下面挂上相当重的物体(图 1-3)。请同学们自行试验并解释这个现象。

既然物体分子间互相吸引,为什么固体、液体又很难压缩呢?原来,分子间除了有引力,还有斥力。当分子间距离小到一定程度以后,就表现出斥力。正是由于这个原因,固体和液体才难以压缩。



图 1-3

分子间这样复杂的相互作用力是怎样产生的呢?

在十八世纪初,科学家们已经根据物体的弹性、气体的膨胀现象,假设了分子间是有相互作用力的,但并不清楚是什么性质的力。随着科学的发展,人们不仅已经证实分子是由原子组成的,而且知道了原子是由带正电的原子核和带负电的电子组成的,带负电的电子绕着原子核运动形成电子云。因此,分子是由运动的电子和原子核构成的复杂系统。分子间的相互作用力,一方面决定于这些带电粒子之间的静电力,由于同性电相斥,异性电相吸,从而分子间同时存在有引力和斥力;另一方面则决定于电子在运动过程中某些特定的相互联系,例如以后要学习的运动电荷产生磁场,磁场对运动电荷有磁力的作用,等等。因此,分子间的相互作用力,主要是属于

电力和磁力。

如果用纵坐标轴表示作用力，横坐标轴表示分子间的距离，则分子间相互作用力跟距离的关系，如图 1-4 所示。图中两条虚线分别表示斥力和引力随距离变化的情况，实线表示合力随距离变化的情况。在 $r=r_0$ 的地方，斥力和引力大小相等，合力等于零。这一位置叫做分子的平衡位置， r_0 的大小约为 10^{-10} 米。当分子间的距离小于 r_0 时，引力小于斥力，其合力表现为斥力；当分子间的距离大于 r_0 时，引力大于斥力，其合力表现为引力。当分子间的距离远大于 r_0 时，引力趋近于零，可以忽略不计。

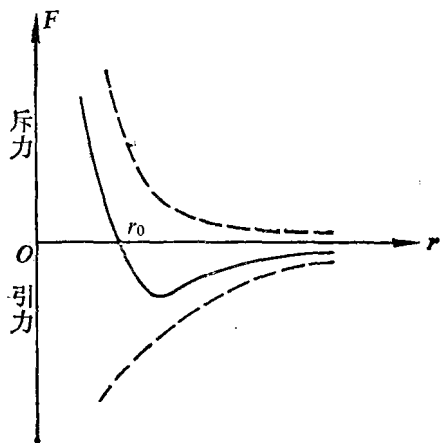


图 1-4

分子间相互作用力跟它们间的距离的关系，可以用来解释物体被压缩或拉伸时出现的弹力。如果迫使分子间距离小于 r_0 ，就产生阻碍接近的斥力；相反，当分子彼此远离时，就产生引力。当外界作用停止后，这个斥力或引力就使分子回到

初始位置。当分子离开平衡位置很小时，相互作用力随位移的变化是线性的，即图 1-4 中曲线上 r_0 附近的一小段可以看作是直线。因此，当物体形变小的时候，胡克定律是成立的，即弹力的大小跟形变成正比。

练 习 一

(1) 28×10^{-3} 千克的氮气中含有多少个氮分子？

(2) 1.0×10^{-3} 千克的水中含有多少个水分子？ 1.0×10^{-3} 千克的氢气中含有多少个氢分子？

(3) 1 个水分子、1 个氢分子的质量各是多少？

(4) 在日常生活中，有哪些例子说明分子在不停地运动着？

(5) 布朗运动是不是就是分子的运动？为什么悬浮在液体中的颗粒越小，布朗运动越显著？

(6) 撒一些冰糖块到一杯水里，糖块就沉到水底，开始溶解，过一段时间，全杯水都变成甜的。这是什么缘故？

(7) 物体为什么能够被拉伸和压缩，外力消失后它为什么又能恢复原状？

(8) 石墨粉加高压后可以连结在一起，成为固定形状的石墨块。为什么？

四、大量分子服从热运动规律

人们经过一段漫长的过程，认识到一切物体——固体、液体和气体，都是由大量分子组成的，分子间是有间隙的；每个

分子都在不停地做无规则的运动；分子和分子之间存在着相互作用力。这就是分子运动论的基本观点。

就每一个分子来说，它的运动可以看作是机械运动，遵循力学规律。然而，由于分子的数目增多，作为大量分子的集体，却无法用力学规律来分析它们的运动。大量分子的运动有另外的规律。

为了说明这个问题，我们来做一个实验。

在一块直立的木板上钉有许多排小钉子，木板下部用一些板条隔出许多窄槽。板顶正中有一个漏斗形口（图 1-5）。给木板镶上边，并用玻璃板盖住（或装一个玻璃门），使小球在木板和玻璃板之间的空隙中运动时，不致跑到外边去。

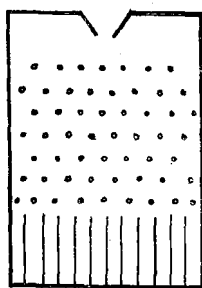


图 1-5

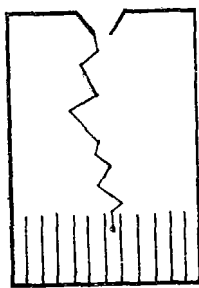


图 1-6

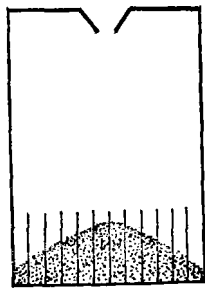


图 1-7

让一个小球（或小珠子）从漏斗口落下，它在降落过程中，不断地跟木板上的小钉子相碰，所以它就时左时右地走着曲折的路径，最后落入某个窄槽中，如图 1-6 所示。如果再让第二个小球从漏斗口落下，同样经过一段曲折的路径以后，可能落入另一个窄槽中。那么，从漏斗口落下的小球，究竟会落入哪个窄槽中呢？显然，落到哪个窄槽里都有可能。某一个小球

落到哪一个窄槽里，完全是一种偶然事件。

然而，如果你从漏斗口一次就投入大量的小球，例如几百个、几千个小球，那么，你就会发现：在当中的几个窄槽里，落入的小球多些，而在两边的窄槽里，落入的小球少些，如图 1-7 所示。如果把这些小球取出，重投第二次、第三次……，则会得到相同的分布。小球越多，这种分布的规律越明显。由此可见，大量小球的运动表现出来了一种新的规律。

让我们再做一个掷骰子（正六面体，六个面分别标有一点、二点……六点）的游戏。如果你把一只骰子掷在桌上，骰子朝上的那一面的点数是几呢？答案是不肯定的，从一点到六点都有可能。再掷一只，出现的点数可能就有变化，可见，出现几点是一种偶然事件。然而，如果你一下子把几百只骰子都掷在桌上，统计一下就会发现：出现从一点到六点的骰子的数目几乎是相等的。如果把这些骰子集中起来，再掷第二次、第三次……，仍然会得到大致相同的结果。骰子的数目越多，越是这样。

上述的实验和游戏的事实充分说明，尽管个别事件具有偶然性，但大量事件的集体却表现出必然性。事实上，这正是从量变到质变，从偶然性到必然性这样一个辩证关系的表现。

了解了上述结果之后，我们就不难理解：尽管每个分子都遵循力学规律，但由于分子数目的增多，将由量变转化为质变，大量分子的运动并不能用力学规律来判断，而表现出自己的独特规律。这种大量分子做无规则运动的规律，叫做热运动规律，也叫做统计规律。说每个分子遵循力学规律，是就一个分子而说的，说分子做无规则运动，是就许许多多分子的集