



数理化自学丛书

物理

第二册

楊逢挺 叶秀中 編

数理化自学丛书

物 理

(第二册——分子物理学和热学)

楊逢挺 叶秀中 編

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书詳尽地介绍了分子物理学和热学的基础知識以及它們在各方面的应用。全书共分八章,先讲分子运动論、热和功、能的轉变和能量守恒定律,然后依次讲物体的热膨胀,气体、液体和固体的性质,物态的变化和热机。此外,书中还包括了大量的例題、习題和总复习題,并且在每章末了都附有复习提要,以供同学巩固之用。

本书可供具有相当于初中三年級以上文化水平的自学青年閱讀。

数理化自学丛书

物 理

(第二册——分子物理学和热学)

楊達挺 叶秀中 編

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海洪兴印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行

开本 850×1168 1/32 印张 10 6/32 排版字数 252,000

1964 年 8 月第 1 版 1964 年 8 月第 1 次印刷 印数 1—80,000

統一书号 T 13119·571 定价(七) 0.86 元

出版者的話

在我們国家里，有千千万万青年人正在从事劳动和工作，他們都希望在祖国的社会主义和共产主义建設中貢獻出力量，迫切要求学习科学文化知識以适应国家建設日益发展的需要。

这套自学丛书的出版，就是为滿足广大讀者学习数理化基础知識的需要。三門学科共出书十七册：数学有代数四册、平面几何二册，三角、立体几何、平面解析几何各一册；物理和化学各四册。具有高小毕业以上程度的讀者认真学好这套书，这三門学科的知識可基本上达到高中毕业的水平。

为照顾自学的特点，在編写中尽可能把重点、难点和关键性的內容讲深讲透；尽可能多举些例题，分析引导，使解題有所启发；尽可能把物理的、化学的現象描述得詳尽些以补缺少实验的不足。总之，想尽可能减少自学中的困难。

一个人自学的時間总是比在校学习的時間长得多，要自学有成就，必須多想多練，更要持之以恒，鍥而不舍，也就是見到难处，抓住不放，不是知难而退。

学习必須从自己的实际水平出发。学一門学科要有一定的基础，选讀順序要根据前言的指导。希望循序漸进、踏踏实实地学习，一步不懂，不要跨第二步。刻苦自学，学有成就者不乏其人，愿广大讀者努力学好。

这套丛书由黃丹蘊、楊榮祥、余元希、楊逢挺、桂君協等同志負責主編。由于这是新的工作，經驗不足，难免有缺点或錯誤，希望讀者批評指教！

一九六三年七月

編者的話

本书是数理化自学丛书物理部分的第二册，内容包括分子物理学和热学的基础知識以及这些知識在工农业生产和其他方面的应用。在閱讀本书之前，要求先学好第一册中讲过的力学知識。

本书共分八章，先讲分子运动論、热和功、能的轉变和能量守恒定律，然后依次讲物体的热膨胀，气体、液体和固体的性质，物态变化和热机。这样安排有利于充分利用分子运动論和能量的观点来闡述全部分子物理学和热学知識，使讀者对热現象的本质有比較深刻和全面的理解。

由于热机在工农业生产中有着广泛的应用，故本书对不同类型热机的构造、优缺点和应用范围作了初步介紹。通过对各种热机工作原理的叙述，使讀者对功、内能、热量等基本概念以及能的轉变和能量守恒定律有更为深刻的認識。

为了帮助讀者能更好地掌握分子物理学和热学的一些最基本的基础知識，在取材和編写中我們避免平均使用力量，而把教材中的重点和关键性問題作了比較詳細的叙述，以便讀者能集中精力，把这些知識学好。一般教材对中心内容有巩固、扩大和加深的作用，也是讀者应该具备的知識，所以也不可忽視。用小字排印的教材是較深或次要的内容，初讀时可以不看。

在讲过重要的定律、公式以后，都附有一定数量的例題，目的在于說明有关知識在实际中的应用，告訴讀者进行物理計算的正确方法，对解題作业带有示范作用。

要牢固掌握物理知識并且能够灵活地运用它們，必須多做练

习而且要认真做好练习。解题时首先要弄清题目的内容，根据已知量和所求量找出所要应用的物理规律，应该作出必要的示意图来帮助自己思考，要能根据实际情况来判断所得结果是否合理。书中所附答案是为了便于对正，在没有得到计算结果以前，不要先看答案。部分习题附有提示，读者应该按照提示所指的方向去思考。解题是发展逻辑思维和培养运算能力的重要措施，读者必须重视。

物理学是以实验为基础的科学，为此，读者必须仔细阅读书中描述的实验，了解实验的目的要求，应注意由实验数据获得结论的过程。利用简单的仪器装置来进行实验是物理学习中需要培养的基本技能。书中建议读者自己动手做实验，希望都能尽量想法去试试。

为了帮助读者系统地掌握物理知识，进一步了解教材间的联系，每章末了都附有复习提要，内容包括一章中讲述的概念、理论、定律、公式等等，这些都是一章中最重要的基础物理知识。

本书第一到第六章由杨逢挺同志执笔，七、八两章由叶秀中同志主稿。由于对自学书的编写工作还是初次尝试，既要体现自学书的特点，又要照顾篇幅，不能过于庞大，同时要把初、高中的物理教材贯通，一次交代清楚，在实践中的确感到不少困难。虽经编写组同志多次讨论，反复修改，但因时间匆促和限于编者水平，不免有错误和不妥当的地方，希望读者随时提出意见，加以指正，以便有再版机会时进行修改，使本书更符合自学读者的要求。

1963年12月

目 录

出版者的話

編者的話

第一章 分子运动論1

- § 1.1 物质的結構 1
- § 1.2 分子的大小和质量 3
- § 1.3 分子間的空隙 6
- § 1.4 分子間的相互作用力 8
- § 1.5 气体、液体和固体中的扩散現象 12
- § 1.6 布朗运动 14
- § 1.7 热运动, 温度 18
- § 1.8 气体、液体和固体中分子的热运动 19

本章提要 20

复习題一 21

第二章 热和功23

- § 2.1 分子的动能和势能, 物体的內能 23
- § 2.2 物体內能的改变 26
- § 2.3 热傳遞的三种方式 30
- § 2.4 热量, 热量的单位 42
- § 2.5 物体的热容量, 物质的比热 44
- § 2.6 量热器, 比热的測定 48
- § 2.7 燃料的燃燒值 54
- § 2.8 热功当量 57
- § 2.9 能的轉变和能量守恒定律 61

本章提要 64

复习題二 65

第三章 物体的热膨胀67

- § 3.1 物体的热脹冷縮 67
- § 3.2 温度和溫度計 71
- § 3.3 固体的綫膨胀 76
- § 3.4 固体的体膨胀 82
- § 3.5 固体的綫脹系数和体脹系数之間的关系 83
- § 3.6 热膨胀在技术上的意义 85
- § 3.7 液体的热膨胀 89
- § 3.8 物体的密度和温度的关系 93
- § 3.9 水的膨胀特点 94

本章提要 96

复习題三 97

第四章 气体的性质99

- § 4.1 气体的状态, 压强 99
- § 4.2 温度不变时气体的体积和压强的关系, 玻意耳-馬略特定律 102
- § 4.3 温度不变时气体的密度和压强的关系 107
- § 4.4 压强不变时气体的体积和温度的关系, 盖·呂薩克定律 110
- § 4.5 体积不变时气体的压强和温度的关系, 查理定律 115
- § 4.6 理想气体 120
- § 4.7 绝对温标 122
- § 4.8 压强不变时气体的密度和温度的关系 125
- § 4.9 理想气体的状态方程 (气态方程) 127
- § 4.10 气体在迅速膨胀和压缩时

温度的变化——焓热变化	132
§4.11 气体在技术上的应用	134
本章提要	135
复习题四	137
第五章 液体的性质	139
§5.1 液体的特征	139
§5.2 液体的表面层	141
§5.3 表面能	143
§5.4 表面张力	145
§5.5 表面张力系数	147
§5.6 表面张力系数跟温度的关系	153
§5.7 浸润现象	154
§5.8 毛细现象	157
本章提要	162
复习题五	162
第六章 固体的性质	164
§6.1 晶体和非晶体	164
§6.2 晶体的空间点阵	167
§6.3 固体的形变	170
§6.4 弹性形变和范性形变	172
§6.5 弹性形变的基本类型	174
§6.6 胡克定律	178
§6.7 固体形变时能量的变化	184
§6.8 强度和安系数	184
§6.9 硬度	188
§6.10 固体材料性能的应用	190
本章提要	192
复习题六	193
第七章 物态的变化	194
§7.1 熔解和凝固	194

§7.2 熔解热	199
§7.3 熔解和凝固时体积的变化	204
§7.4 影响熔点的几个因素	205
§7.5 金属的铸造	207
§7.6 蒸发	209
§7.7 饱和汽和饱和汽压	211
§7.8 饱和汽的性质	213
§7.9 未饱和汽	218
§7.10 沸腾	221
§7.11 汽化热	227
§7.12 临界温度	233
§7.13 气体的液化	237
§7.14 液态气体的应用	239
§7.15 空气的湿度	241
本章提要	250
复习题七	252
第八章 热机	254
§8.1 气体膨胀做功	255
§8.2 锅炉	262
§8.3 蒸汽机	265
§8.4 蒸汽在汽缸内膨胀做功	271
§8.5 热机的组成部分、热机的效率	273
§8.6 内燃机	280
§8.7 蒸汽轮机	293
§8.8 燃气轮机	296
§8.9 空气喷气发动机	298
§8.10 火箭喷气发动机	302
本章提要	303
复习题八	306
总复习题	308
习题答案	314

第一章 分子运动論

§1.1 物质的結構

大約在 2300 年以前，就产生了一种学說，认为一切物体都是由极小的微粒組成的，这些微粒在不断地运动着和相互作用着。近代科学研究証实了这一学說，并且进一步把它发展成为物理学中的一个重要理論——分子运动論。利用这种理論能够說明很多物理現象和物质的性质。在这一章中，我們將初步介紹一下有关这一学說的基本知識。

許多观察和实验的結果告訴我們，任何物体都可以分割成为极小的微粒。例如，倒在桌子上的一滴乙醚或香水，可以使人們在容积达数百立方米的房間里到处都能聞到它們的气味。如果在屋子里放上几块樟脑，那么，在屋子里的人就能够長時間地嗅到它的气味。我們知道，只有物质作用到人的嗅觉器官时，我們才能够聞到它的气味。在屋子里的任何地方都能够嗅到某种物质的气味，这一点表明了在屋子里到处都有这种物质存在。由于少量物质的气味能够傳到很远的地方，因此証实了整个物体是可以分割成为极小的微粒的。

任何物体都能够分割成为极小微粒的这种性质，叫做物质的可分割性。在日常生活中，我們还能够举出許多例子来証实物质的可分割性。

例如，一块糖可以分割成为許多碎粒，碎粒还可以搗成粉末，这些粉末仍然是甜的，这說明粉末里面仍具有糖的特性。坚硬的鋼鉄也可以銼成細微的碎屑，碎屑里面的每一个微粒都具有鋼鉄

的特性。

許多固体能够溶解于水或其他液体中，这时它們就分成了很小的微粒。例如，把0.1毫克的紅色顏料溶解在1升的水里后，虽然在每一厘米³的水中只含有万分之一毫克的顏料，但这一点點顏料就能够使水呈現出紅色。不仅固体可以分割成为很小的微粒，液体也是一样，例如，把一小滴墨水滴入一杯水中，水就会全部被染上墨水的顏色。

因此，我們可以得出結論：任何物质，不論处于什么状态(固态、液态或气态)，都可以分割成为极小的微粒。

但是，进一步研究上面这些現象后，就会很自然地产生这样的問題：既然物质可以分割成为极小的微粒，那么，这样的分割是否可以无限制地进行下去呢？

为了回答这个問題，我們来做下面的实验。把一小滴油滴到表面积很大的清洁水面上，这时油就在水面上逐漸地向四处扩展开来，同时油层不断地变薄。但是，在油还没有布满整个水面之前，就不再扩展了；也就是說，虽然油还有扩展的余地，但油层已不能进一步变薄了。这个現象說明，油层在厚薄方向上已經达到了分割的极限。这种分割的极限就叫做分子。

分子是构成物质的、而且具有这种物质特性的最小微粒。

現代科学的研究結果告訴我們，一切物体——固体、液体和气体都是由分子組成的。

虽然采用一般机械方法不能把分子繼續进行分割，但是，通过化学过程，却可以把分子再行分割成为更小的微粒，这种微粒叫做原子。例如，食盐的分子是由一个鈉原子和一个氯原子組成的；盐酸的分子是由一个氢原子和一个氯原子組成的；水的分子是由两个氢原子和一个氧原子組成的。原子是用通常的化学方法不能再行分割的最小的微粒。

近代物理学揭露了原子內部的复杂結構，并且进一步发现原

子原来是由更微小的基本粒子所组成的。关于这方面的問題，我們将在第四册中进行討論。

从上面所讲的内容中，我們已經初步看到物质的结构是非常复杂的。那么我們究竟怎样来进行研究呢？显然，如果我們企图在一开始就同时研究所有的問題，那么物质结构的复杂性就会难倒我們，使我們无从着手。但是，我們可以循序渐进，由简单到复杂，逐步地来了解物质的结构。我們先不考虑分子的结构而来研究分子的运动和相互作用，以及由此而产生的热現象；其次研究分子的结构；最后再研究原子的结构。在分子物理学和热学的研究中，我們可以把分子当做彈性小球来看待。

习 題 1.1

1. 什么叫做物质的可分割性？举些例子来说明固体和液体的可分割性。
2. 什么叫做分子？分子是不是构成物质的最小微粒？

§1.2 分子的大小和质量

我們已經知道，要保持物质的特性，就不能无限制地分割下去。一定有人会問：要把物体分割到什么程度才能看見分子呢？这个問題的回答也許不能令人滿意，因为無論把物体怎么样分割下去，我們用肉眼永远也不可能直接看到分子。非但如此，即使用最好的光学显微鏡也不能看到分子，而在用显微鏡所能看到的极为微小的顆粒中，也包含着大量的分子。

为了对分子的大小有一个初步的認識，我們先来看看下面的数据。

鋼块可以做成 0.003 毫米薄的鋼片。金块可以做成 0.0001 毫米薄的金箔，这种金箔能够透过光綫。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。

通过这几个实例,我們已經可以看到:物质不同,分子的大小也不同;可是一切物质的分子都是非常小的。

但是这些例子还只能告訴我們:金的分子比一百万分之一毫米还要小,油的分子比一百万分之一毫米还要小……。而分子究竟有多大呢?

科学研究的結果,肯定地回答了这个问题。現在已經能够精确地测出各种物质分子的大小。前面已經讲过,在本书中,都将分子看成是彈性小球来討論;因此,我們就可以用直徑来表示它的大小。例如,氫分子的直徑是 2.5×10^{-8} (即是 $2.5 \times 1/10^8 = 0.000000025$) 厘米,水分子的直徑是 4.0×10^{-8} 厘米。一般分子的直徑都在 10^{-8} 厘米左右。因此,如果把一千万个分子一个挨一个地排列起来,也不过是几毫米长。

科学家用种种方法(这些方法我們現在还不能介紹)确定了:一个克分子的任何物质所含的分子数都是 6.023×10^{23} 个^①;在标准状况下(即在 0°C 和 760 毫米高水銀柱的压强下),每立方厘米的任何气体所含的分子数也是相同的,大約有 2.7×10^{19} 个。

为了設想这些数字有多么大,我們来看几个例子。

有一只容器的容积为 1 立方厘米,假設它原来是絕對真空,也就是連一个分子也沒有。如果在器壁上钻一个小孔,使得在 1 秒钟里可以有 1 亿个空气分子进入容器,試問要經過多少時間,容器中的空气才能够达到它在标准状况时的密度呢?答案是:要經過九千年,就是九十个世紀!

如果把 0°C 和标准大气压下 1 立方厘米中的气体分子一个挨一个地排列起来,那么可以排成 8,100,000 公里长,也就是沿着赤道圍繞地球 203 圈。

如果把同样数目的磚头紧密地砌筑在一起,它們就会盖满地

^① 这个数字叫做阿伏伽德罗常数,是物理和化学中最重要的常数之一,應該牢記。

球上所有的陆地,而高度可以达到 120 米,这个高度大约相当于三层楼房高度的十二倍。

物质的分子虽然这样小,可是它们都具有一定的质量。分子的质量可以用两种方法来计算,下面就来介绍一下。

(1) 知道了一个克分子物质的质量和它所含的分子数,我们就可以很方便地计算出一个分子的质量。

在化学课本中我们已经知道,所谓一个克分子的物质就是指质量的克数等于它的分子量那部分物质。例如氧的分子量为 32,则 32 克氧就是一个克分子氧,又如 18 克的水, 98 克的硫酸等都是一个克分子物质。

用氢气作例子来说明。一个克分子氢气的质量是 2.016 克,里面含有 6.023×10^{23} 个氢分子,所以,一个氢分子的质量

$$\begin{aligned} m_{H_2} &= \frac{2.016}{6.023 \times 10^{23}} = \frac{20.16}{6.023 \times 10^{24}} = \frac{20.16}{6.023} \times 10^{-24} \\ &= 3.3 \times 10^{-24} \text{ 克。} \end{aligned}$$

由于 1 个氢分子是由 2 个氢原子所构成,因此,一个氢原子的质量只有 1.65×10^{-24} 克。

(2) 知道了气体在标准状况下的密度和 1 厘米³ 体积中所含的分子数,同样也可以计算出一个分子的质量。

还是以氢气作为例子。氢气在标准状况下的密度是 0.00009 克/厘米³, 1 厘米³ 里的分子数是 2.7×10^{19} 个。因此,氢分子的质量

$$\begin{aligned} m_{H_2} &= \frac{0.00009}{2.7 \times 10^{19}} = \frac{9 \times 10^{-5}}{2.7 \times 10^{19}} = 3.3 \times 10^{-5} \times 10^{-19} \\ &= 3.3 \times 10^{-24} \text{ 克,} \end{aligned}$$

答案和上面一样。

习 题 1.2

1. 月球和地球的平均距离是 384,400 公里,太阳和地球的平均距离是

14,950 万公里,如果用鉄的分子一个紧挨一个地排列起来,从地球筑成通往月球和太阳的“分子大道”,試問这两条大道各需要多少个分子?质量各是多少?設鉄分子的直径为 3×10^{-8} 厘米,分子量为 55.85.

[提示: 55.85 克的鉄含有 6.023×10^{23} 个分子. 地球通向月球的“分子大道”大約需要 1.281×10^{18} 个鉄分子,这些分子的质量是 1.18×10^{-4} 克,也就是 0.118 毫克. 通往太阳的“分子大道”大約需要 5×10^{20} 鉄分子,它們的总质量約为 0.046 克,还不到 50 毫克.]

2. 計算下列各元素一个分子的质量:

氢(分子量为 4),氮(分子量为 14),氧(分子量为 16),金(分子量为 197).

3. 計算水(H_2O)、氯化鈉($NaCl$)和氧化鉄(FeO)的分子质量.

[提示: 分子的质量等于組成分子的各原子质量之和. 以水为例,一个水分子由两个氢原子和一个氧原子組成,而氧分子的质量为氢分子质量的 16 倍. 一个氧分子又由两个氧原子組成,故得水分子的质量为

$$m_{H_2O} = 3.3 \times 10^{-24} + 8 \times 3.3 \times 10^{-24} = (1+8) \times 3.3 \times 10^{-24} = 2.97 \times 10^{-23} \text{ 克},$$

同理算得 $m_{NaCl} = 9.57 \times 10^{-23}$ 克, $m_{FeO} = 1.19 \times 10^{-22}$ 克.]

4. 一滴露水中含有 19.71×10^{15} 个水分子. 如果每秒钟能数出 1,000,000 个分子,那么,要多少年才能数完这滴露水里的全部分子?

5. 1 克分子的任何气体在标准状况下的体积約为 22.4 升. 計算在标准状况下每 1 厘米³气体所含的分子数.

6. 1 厘米³鉄中含有多少个鉄分子?

7. 已知某种物质的密度 D 和分子量 μ , 試分別計算单位质量中所含該物质分子数的公式以及单位体积中所含該物质分子数的公式 (阿伏伽德罗常数用 N 来表示).

§1.3 分子間的空隙

既然一切物体都是由分子組成的,那么我們要問:分子在物体中是怎样排列的呢? 分子是紧密地靠在一起中間毫无空隙,还是它們之間有空隙存在呢? 通过观察和实验,就能够回答这个问题.

气体很容易被压缩;用較大的压强能够使气体的体积缩小到原来的百分之一或更小一些.

液体和固体虽然不象气体那样容易地被压缩,但是它們也是

可以壓縮的。例如，水在 40,000 大氣壓的壓縮下，體積減為原來的 $\frac{1}{3}$ 。

氣體、液體和固體能夠被壓縮的事實說明了分子間是有空隙的。當物體被壓縮時，分子間的空隙縮小，因而物體的體積變小。

我們可以用下面的實驗來證明液體的分子之間存在着空隙。在長約 1 米，直徑約為 2 厘米一端開口的玻璃管里，裝上一半水，再沿管壁慢慢地注入帶有顏色的酒精（圖 1.1），這時可以清楚地看到水和酒精的分界面。在玻璃管上做一記號，標出酒精頂面的位置。然後把管塞蓋緊，上下顛倒幾次，使水跟酒精混合在一起，這時就可以看到，混合後液體的頂面比混合前要低一些，也就是說，混合後液體的體積比混合前兩種液體的總體積要小一些。這個現象的解釋是：經過混合後，分子開始重新分布，而且排列得比以前更為緊密，其中一部分分子間的空隙被另一些分子所佔據，於是總的體積減小。

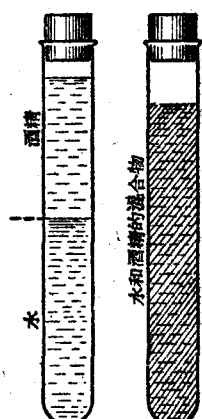


圖 1.1 水和酒精混合時總的體積減小

科學家曾經用 20,000 大氣壓的壓強壓縮厚壁鋼筒中的油，雖然鋼筒壁沒有任何裂縫或其他損壞，但是結果發現油能夠透過筒壁而滲透出來，這說明象鋼這樣堅固的物質的分子間也存在着可以讓油分子通過的空隙。

以上事實有力地證明：在任何物質中，分子間都有空隙存在。物質不同，分子間空隙的大小也不同。對於同一種物質來說，分子間的空隙在氣態時最大，液態時次之，固態時最小。

分子間雖然有空隙存在，但是即使用很好的顯微鏡也不能看到。平常我們眼睛所能看到的物體上的小孔或縫隙跟分子間的空隙比較起來，不知要大多少倍。

习 題 1.3

1. 为什么压缩气体比压缩液体和固体容易?
2. 一般物体受热后体积开始膨胀, 試問这时物体分子間的空隙发生了什么样的变化?
3. 1 厘米³水中含有 3.4×10^{23} 个分子, 1 厘米³空气中含有 2.7×10^{19} 个分子. 試問 1 厘米³水的分子数比 1 厘米³空气的分子数大几倍?

§ 1.4 分子間的相互作用力

既然任何物体都是由彼此之間有空隙的分子組成的, 那么, 为什么液体和固体的体积都很难改变, 而且固体还能保持自己原来的形状呢? 如果分子之間沒有相互联系, 那么, 为什么物体不会自动地分成为一个一个的分子呢? 大家知道, 切割金属, 拉断绳子, 劈开木柴, 都要用很大的力. 这些現象說明, 組成物体的分子間有引力的作用. 每一个分子都吸引它邻近的分子, 同时每一个分子也受到它邻近分子的吸引.

少数分子間的相互吸引力是觉察不到的. 但是, 当大量的分子相互作用时, 它們总的吸引力就十分显著. 分割固体或液体, 就是要让这些物体的分子彼此离开, 因此我們必須克服分子間的引力.

但是, 分子間的引力只有当它們很接近的时候, 才能显示出来. 把破碎的玻璃片拼在一起, 并不能使它們成为完整的玻璃, 这是因为我們只是使少数的分子相互接近, 而其余的分子彼此間还保持着相当的距离, 因此, 总的吸引力是非常小的. 如果把玻璃片加热, 使它变軟, 这时就有大量分子彼此接近到分子間的吸引力发生作用的距离, 因而显示出很大的相互吸引力, 这样就能够把破碎的玻璃片接合起来.

取一个分子作为球心, 以分子引力能够作用到的最大距离作为半徑, 画一个球, 那么, 凡是在这个球里面的分子, 都能和处于球心的分子相互吸引; 而在这个球外面的分子, 实际上和处于球心的

分子沒有相互作用。按照这样規定画出的球叫做**分子作用球**。根据实验結果，可以計算出分子作用球的半徑，这个半徑的**数量級**^①是 10^{-7} 厘米。

在一定的範圍內，分子間的距離越小，它們之間的相互吸引力就越大；因此，同一种物质由于所处的物态不同，分子間的吸引力也不同。

在固态时，分子間的距離最小，所以分子間的吸引力最大。这就是固体能够保持自己的体积和形状的原因。下面的实验可以証实固体分子間存在着巨大的吸引力。

在实心铅制圆柱体的两端，装上两个环，把圆柱体切断，然后使切开的这两部分相接触，并且用力压紧它們，以便使这两部分尽可能地紧密靠攏。于是，由于分子吸引力的作用，这两部分就連接成一整块。把铅柱的一个环挂在架上（图 1-2），再在下面的环上挂上相当重的砝碼，这时，圆柱体的两部分也不会被拉开。

在液态时，分子間的距離比固态时大，所以分子間的引力比固态时小。因而液体沒有一定的形状，具有流动性，并且在分割时所需要用的力也較小。但是，液体分子間的吸引力已經足以使液体分子聚集在一起而不致于飞散；因此，液体也具有一定的体积。

两滴水銀相互接近时能够自动地結

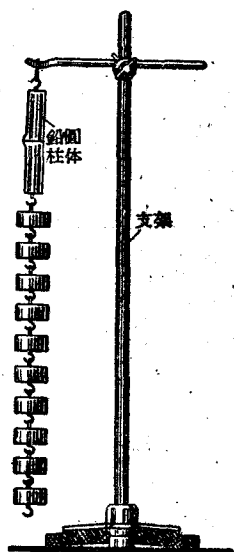


图 1-2 两块鉛圆柱体由于分子引力的作用而結合在一起

① 数量級是量度或估計物理量的大小常用的一种概念。例如地球的赤道半徑是 6378 公里，可以写成 6.378×10^3 公里，于是，我們說它的数量級是 10^3 公里；真空中的光速約为 3×10^{10} 厘米/秒，它的数量級就是 10^{10} 厘米/秒；又如氢分子的质量約为 3.3×10^{-24} 克，它的数量級就是 10^{-24} 克。