

师范物理补充教材

北 京 教 育 学 院

使用说明

本教材是按照教育部(81)教社字009号文件的要求,由北京市教育局师训处、北京教育学院师范教研室组织人力编写的。本教材供三年制师范学校81届学生使用。内容有热、流体、声、光、静电、宇航等知识,全书共十五章、总计15.5万字左右。

本教材总讲授课时为77学时,其中第一章至第十一章讲授54学时,应在82年秋季按章节顺序集中讲授完;统编高中物理上册九、十两章删去不讲,应按补充教材内容讲授。第十二章可作为学生阅读教材,教师辅导4学时。第十三章应在统编高中物理下册第八章第二节《光的色散》之后讲授,讲授10学时。第十四章应在统编高中物理下册第一章第八节《电场中的导体》之后讲授,讲授3学时。第十五章作为学课外生阅读教材,教师辅导6学时。

本教材第一、三、四章是由北京市朝阳区师范学校秦志勉老师编写的,第二、五、六、七、章是由朝阳师范张力万老师编写的,第八、九、十、十一、十四、十五章是由北京教育学院师范教研室李抒老师编写的,第十二、十三章是由朝阳师范钟荣华老师编写的,全书的编辑工作由李抒老师负责。由于我们水平不高、时间又很仓促,书中一定存在许多缺点、错误,希望广大师生提出宝贵意见,以便修改。

北京教育学院 师范教研室

1982年4月

目 录

第一章 分子运动论	(5)
一、 物质的结构.....	(5)
二、 分子的大小和质量.....	(6)
三、 分子间的空隙.....	(9)
四、 分子间的作用力.....	(10)
五、 扩散现象.....	(13)
六、 布朗运动.....	(15)
七、 分子的热运动.....	(18)
第二章 热和功	(22)
一、 分子的动能 温度.....	(22)
二、 分子的势能 物体的内能.....	(22)
三、 热量和热量的单位.....	(24)
四、 影响内能变化的因素 比热.....	(25)
五、 热功当量.....	(29)
六、 能的转化和守恒定律.....	(32)
第三章 热传播 物体的热胀冷缩	(38)
一、 热传播的三种方式.....	(38)
二、 太阳能的利用.....	(47)
三、 固体和液体的热膨胀.....	(59)

第四章 气体的性质..... (78)

- 一、 热动平衡状态与状态参量..... (78)
- 二、 气体的等温变化 玻意耳~马略特定律... (82)
- 三、 气体的等压变化 盖·吕萨克定律..... (89)
- 四、 热力学温标..... (94)
- 五、 气体的等容变化 查理定律..... (96)
- 六、 理想气体的状态方程..... (99)
- 七、 气体的绝热过程..... (103)

第五章 液体的性质..... (106)

- 一、 液体分子间的作用..... (106)
- 二、 表面层和附着层..... (107)
- 三、 表面张力..... (107)
- 四、 浸润和不浸润现象..... (113)
- 五、 毛细现象..... (115)

第六章 固体的性质..... (118)

- 一、 晶体和非晶体 空间点阵..... (118)
- 二、 弹性和范性..... (122)
- 三、 固体弹性形变的基本类型..... (126)

第七章 物态变化..... (132)

- 一、 熔解和凝固..... (132)
- 二、 熔解热..... (134)
- 三、 压强对熔点的影响..... (138)
- 四、 蒸发 蒸发时的冷却..... (141)

五、	饱和汽 未饱和汽	(143)
六、	沸腾 沸点与压强的关系	(148)
七、	汽化热	(151)
八、	空气的湿度 露点	(154)
九、	气象常识	(163)
第八章	静止液体内的压强	(168)
一、	压力与压强	(168)
二、	静止液体内压强分布规律	(170)
三、	液体对压强的传递	(175)
四、	连通器	(180)
第九章	大气压强	(184)
一、	大气压的产生	(184)
二、	用分子运动论来解释大气压强	(188)
三、	虹吸管 离心式抽水机和抽气机	(192)
第十章	浮力	(197)
一、	阿基米德定律	(197)
二、	浮沉条件	(199)
三、	气体的浮力	(202)
第十一章	运动流体的流速与压强	(206)
一、	稳定流动和流线	(206)
二、	流体连续性方程	(207)
三、	运动流体的流速与压强的关系	(209)
四、	飞机的举力	(213)

五、	物体在流体中运动时所受到的阻力.....	(215)
第十二章	声	(219)
一、	声音的发生与传播.....	(219)
二、	乐音的特性.....	(223)
三、	声波的反射.....	(228)
四、	声音的共鸣.....	(229)
五、	北京天坛的回音壁与三音石(课外阅读)	(231)
第十三章	光	(233)
一、	物体的颜色 色光合成 颜料混合.....	(233)
二、	光学仪器.....	(236)
1.	眼睛	(236)
2.	近视眼和远视眼 眼镜.....	(239)
3.	照相机.....	(241)
4.	幻灯机.....	(246)
第十四章	雷电现象和避雷	(250)
一、	雷电现象.....	(250)
二、	避雷	(255)
第十五章	宇航知识(课外阅读)	(260)
一、	人造卫星和宇宙飞船的发射.....	(260)
二、	人造卫星和宇宙飞船的回收.....	(266)
三、	航天飞机.....	(274)
四、	失重和超重.....	(280)
五、	宇宙服装.....	(284)
六、	太空城市.....	(289)

第一章 分子运动论

一、物质的结构

从本章起我们开始学习热学。为了弄清热现象的本质，必须对物质结构有个概括的了解。在2400年前，古人对于物质结构就有两种不同的说法：一说物质由运动不息的微粒组成，即物质是不连续的；另一些学者则认为物质是连续的。这两方面都是没有实验根据的哲学猜想。

十八世纪以后，在物理和化学方面，发现许多事实和定律，对物质结构概念的建立，提供了科学的基础。经过了一些科学家的先后创立与补充，最后奠定了物质分子、原子结构的基本理论。这个理论认为：物质是由极小的微粒组成，这种微粒叫作分子，分子是独立存在的最小物质微粒，分子还可以用化学的方法分成更简单的微粒，叫原子。

“原子”，按希腊文原意就是不可分割的意思。但是大约在十九世纪末，开始发现原子并非自然界中的基本微粒。科学家认识和研究的第一个亚原子粒子是电子。1911年发现原子核，进而认识了质子和中子。现在科学家已经识别了300种以上的亚原子粒子。可见原子是可分的。但现在科学家又把这些亚原子粒子称为基本粒子，意思是它们不具有任何结构，不是由其它更小的粒子所组成。事实究竟如何？这是物理学家力求解决的一个难题。我国的科学家认为物质是无限

可分的，“基本粒子”并不基本，它有更小的结构层次，称其构成者为层子。国外也有持此看法的科学家，他们称构成基本粒子的更小粒子为夸克。不过这都是理论上的推测，到目前为止，并未找到层子或夸克。物质的最终本质有待人们继续探索。如果发现了层子，是否还存在下个层次的层子？现在很难断言。

实验已经证明，物质是由分子组成的；分子是由原子组成的；原子由原子核和核外电子组成，原子核由质子和中子组成。电子、质子、中子等亚原子粒子称为构成物质的基本粒子。基本粒子很可能有更小的结构层次。

在了解物质结构层次的同时，人们也知道了物质微粒（分子、原子）在永无休止地运动着和相互作用着。由此创立了物质分子运动论，即用物质分子的运动和分子间的相互作用来解释物质性质的理论。根据这个理论，可以对物质的某些性质和现象作定性的说明和定量的处理。这也是以下各章要研究的问题。为此目的，本章先分节研究分子运动论的基本内容。

习 题 一

（1）物质结构有哪几个层次？各层次之间的相互关系是什么？

（2）什么叫分子运动论？这个理论是怎样形成的？为什么要研究分子运动论？

二、分子的大小和质量

分子运动论的基本内容之一，就是物质是由分子组成

的。那么什么是分子呢？分子是物质中能够独立存在并保持该物质一切化学性质的最小微粒。从物质结构的讨论中，我们知道物质是无限可分的。但要保持物质的一切化学性质，就不能无限地分割下去。那么把物质分割到什么程度才是分子呢？分子究竟有多大呢？

实验可以测定出一摩尔各种物质中所含的分子数，也可以用实验测出一摩尔某种物质的体积，再假定分子是球形的。这样就可以算出该物质分子的直径。结果表明，多数物质分子的直径都只有几个埃（1埃 = 10^{-10} 米）。

例如，实验测定一摩尔各种物质中所含的分子数都是 6.023×10^{23} 个。一摩尔水在 4°C 时，其体积是 18cm^3 ，假定此体积被水分子所充满。设水分子的半径为 r ，则：

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 6.023 \times 10^{23} = 18\text{cm}^3$$

解得： $r = 1.925 \times 10^{-8}\text{cm} = 1.925 \times 10^{-10}\text{m}$ 。

∴ 水分子的直径为 $2 \times r = 2 \times 1.925 \times 10^{-10}\text{m}$

$$2 \times r = 2 \times 1.925 \times 10^{-10}\text{m} = 3.850 \times 10^{-10}\text{m}。$$

（ ≈ 4 埃）

此结果与根据各种精确计算所得水分子直径（4埃）相差无几。直径只有4埃的水分子，在 1cm^3 的纯水中便有 3.35×10^{22} 个。假如有一极小动物，每秒钟喝100亿个分子，需十万年以上时间才能喝完！在普通光学显微镜下看到的一个小点内，包含着数目巨大的分子。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。如

何计算各种分子的质量呢？

知道一摩尔物质中的分子数，即阿伏加德罗常数 $N = 6.023 \times 10^{23}$ 个/摩尔，又知道一摩尔物质的质量为 μ 克，则该物质每个分子的质量为

$$m = \mu / N$$

例如，一摩尔氢气的质量是2.016克，则一个氢分子的质量

$$m_H = \frac{2.016}{6.023 \times 10^{23}} \text{ 克} = 3.35 \times 10^{-24} \text{ 克}.$$

不同物质的分子质量虽不相同，但都是非常微小的。这种微小可以这样想象：根据粗略估计，一个氢分子的质量与一粒黄豆的质量之比，大约相当于一粒黄豆的质量与地球质量之比。

习 题 二

(1) 一克食盐溶于100亿 m^3 的水库中，待其浓度均匀后，取出1 Cm^3 的水，求这部分水中有多少盐分子？

(2) 计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) 计算水（ H_2O ）、氯化钠（ NaCl ）、和氧化铁（ FeO ）的分子质量。

(4) 1 cm^3 铁中含有多少个铁分子？

(5) 已知某物质的密度 ρ 和分子量 μ ，试分别计算出单位质量中所含分子数的公式以及单位体积中所含分子数的公式。

三、分子间的空隙

分子在物体中是怎样排列的呢？是紧密地靠在一起中间毫无空隙，还是它们之间有空隙存在呢？

气体很容易被压缩，用很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。这说明气体分子之间是有空隙的。那么液体分子之间有没有空隙呢？

在一端开口的细长玻璃管中，装进一半水，再沿管壁慢慢注满有色的酒精。这时可以清楚地看到：水与酒精有分界面，而且二者充满整个玻璃管。如果小心地用手指按紧玻璃管口，不让液体有丝毫的流出，把玻璃管上下颠倒几次，使水与酒精混合。这时可以明显地看到玻璃管中空出一小段，图如1—1所示。可见，两种液体的总体积，混合后比混合前小。这是因为混合后分子分布重新排列，其中一部分分子间的空隙被另一些分子所占据，所以总的体积减了。因此这一实验事实也就证明了液体分子之间有空隙。那么固体呢？

科学家曾用20000大气压的压强，压缩厚壁钢筒中的油。虽然钢筒壁没有任何裂缝或其它损坏，但结果发现油能透过筒壁渗出来。这说明钢这样的固体物质分子间，也存在着可

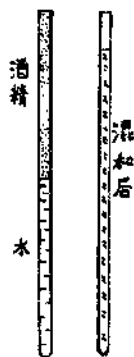


图1—1 酒精与水混合后体积缩小

以让油分子通过的空隙。

事实证明：在任何物质中，分子间都有空隙存在。不同物质分子间空隙的大小也不同。对于同一物质来说，分子间的空隙在气态时最大，液态时次之，固态时最小。

分子间虽有空隙，但即使用很好的显微显微镜也看不到。平常我们眼睛所看到的小孔或缝隙跟分子间的空隙比较起来，不知要大多少倍。

习 题 三

(1) 试举实例说明物质分子间有空隙。

(2) 试归纳二、三两节书为分子运动论的一条基本内容。

四、分子间的作用力

分子之间存在着空隙，是不连续的，但为什么分子还能聚集在一起形成物体呢？这是由于分子之间有引力。两个小水滴接触，可以自动形成一个较大的水滴，这就是水分子间有引力的证明。两段铅制的园柱体用力压在一起，由于分子引力的作用，它们就连成一整块。把铅柱的一段挂在架上，另一段上可以挂上相当重的砝码，两段也不会被拉断。如图1—2所示。这证明大量分子引力的总和是相当可观的。

既然分子之间存在着引力，为什么分子引力不能使物体缩减得更小一些呢？压缩物体时为什么还要加一定的外力呢？

这是由于分子之间不仅存在着引力，同时还存在着斥力。

分子之间的引力和斥力统称为分子力。

分子之间既有引力又有斥力。那么究竟什么情况下呈现引力？又在什么情况下呈现斥力呢？研究表明，分子间同时存着引力和斥力，而且二者都随着分子间距离的增大而减小，不同的是斥力比引力减小的快，如图 1—3 (a) 所示。

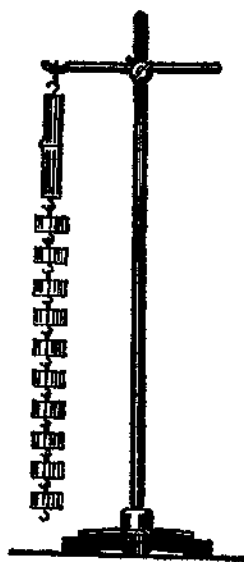


图1—2 两块铅圆柱体由于分子引力的作用而结合在一起

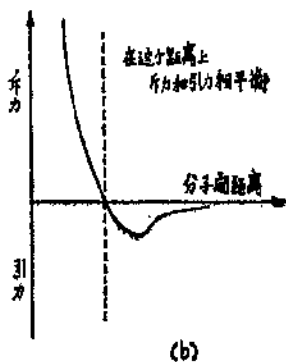
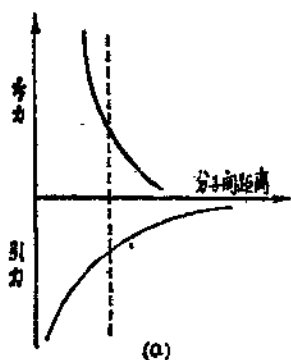


图 1—3

当分子之间的距离为分子直径的几倍时，吸引力超过斥力，分子之间的作用表现为引力。这就是固体被拉伸时的情况，当分子之间的距离小于分子直径时，情况相反，分子之间的作用表现为斥力，这就是固体被压缩时的情况，当分子之间的距离等于某个距离时，它们之间的引力和斥力恰好大小相等，如图1—3(b)所示。这就是存在于固体中的正常情况。

正是由于分子力在固态物质中所呈现的这种情况，所以固体保持一定体积和形状。在液态时，分子间的距离比固态时大，所以分子间的引力比固态时小。因此液体没有一定的形状，具有流动性。但液体分子间的引力已足以使液体分子聚集在一起，所以液体也具有一定的体积。在气态时，分子间的距离比固态和液态时大得多，因此分子间的作用力很小。在一般情况下可以忽略不计，而认为气体分子之间没有任何联系。所以气体既没有一定的形状也没有一定的体积。

分子之间这样复杂的作用力是怎样引起的呢？研究表明，无论是短程的吸引力或是甚短程的斥力都是由原子中的电荷所引起的。

习 题 四

(1) 两块磨得很光的小玻璃板或钢片平放在一起，要用很大的力才能把它们分开，这是为什么？

(2) 分子之间既然有吸引力为什么打碎的玻璃不能再吸到一起？

(3) 取两个铅牙膏皮的端口部分，将其口沿修平，用力把两个端口压在一起，如图1—4可以吊起数斤重物而不分

开。作此实验并说明其原因。

(4) 在弹簧秤的下端水平地悬挂一块玻璃，记下弹簧

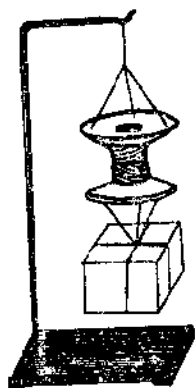


图1—4 题3附图

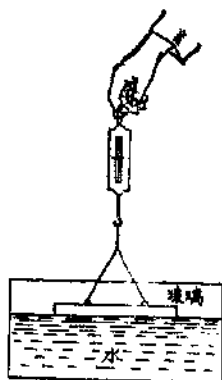


图1—5 题4附图

秤的读数，使玻璃接触水面。再让玻璃脱离水面时，弹簧秤的读数有什么变化？作此实验，并说明弹簧秤读数变化的原因。

(5) 为什么拉断一张纸要比撕开一张纸用的力大？

(6) 固体和液体很难压缩，气体压缩到相当程度时也很难继续压缩，试说明其原因。

(7) 试由本节书归纳出分子运动论的一条基本内容。

五、扩散现象

分子之间存在着相互作用的分子力。那么在分子力的作用下，分子是处于相对静止状态还是运动状态？下面的实验可以回答这个问题。

在一个装满二氧化氮的集气瓶上面，口对口地放上一个装满空气的集气瓶(图1—6)。我们知道二氧化氮的比重比空气大，二氧化氮应该沉在下面。但是我们可以看到：在不受任何外界影响的情况下，棕色的二氧化氮渐渐升入空气瓶中，当然空气也同时向下面的瓶中渗入，最后两个瓶中都是二氧化氮和空气的均匀混合物了。这一实验表明，气体分子间处于相对运动状态。此外酒精、乙醚、香水等的蒸汽以及其它各种气体四处弥散的大量事实，都可以说明这一点。

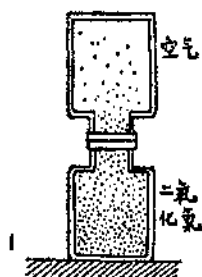


图 1—6 气体的扩散

气体分子在运动。液体分子是否也在运动？可以做一个类似上述气体运动的实验：在量筒中装上一半水，让一个漏斗伸到筒底，把某种有色的盐类溶液，例如硫酸铜溶液，通过漏斗慢慢倒进筒里去。起初，水与溶液的界线很清楚（见图1—7）；静置几天之后，靠近界面的水

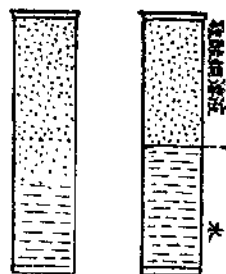


图1—7 液体的扩散

渐渐变蓝，靠近界面的溶液颜色也变淡了些；再过几天，这种颜色的变化就从界面向外扩展越大，最后全筒就成了同样颜色的混合溶液了。这说明

液体分子也在运动。

那么，固体分子呢？有人做过这样的实验：拿两种不同的金属片，例如金片（比重是 $19\text{g}/\text{cm}^3$ ）和铅片（比重是 $11\text{g}/\text{cm}^3$ ），用强力压紧，并且让金片在下面，经过几年以后，发现铅片的表层有了金，金片的表层也有了铅。可见固体分子也在运动。

综上所述，各种状态的物质，其分子都在运动。此运动的特点是：物质分子从浓度较大的地方向浓度较小的地方迁移，称其为扩散现象。扩散现象证明物质分子在运动。

习 题 五

（1）、什么叫扩散现象？试举一例，说明扩散现象在生产或生活中的应用。

（2）、咸鱼放在水里泡一段时间后，就会淡一些，这是什么原因。

（3）、撒一些粗的食盐到一杯水里，食盐就沉到水底，并且开始溶解。已经知道食盐溶液的比重比水的比重大。可是过一段时间，全杯的水都变成咸的。这是什么缘故？

六、布朗运动

扩散现象证明分子在运动。但是当物质浓度均匀，没有扩散现象时，物质分子是否还运动呢？

这个问题从英国科学家布朗在1827年所发现的现象中可以得到回答。布朗用显微镜观察发现：非常小的，但比分子