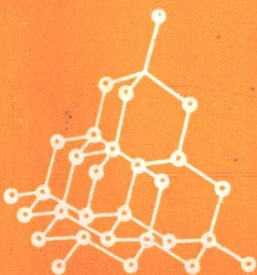
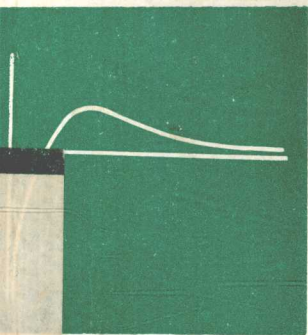
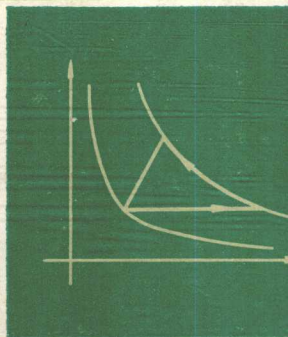


高中物理教学参考读物



分子物理学和热学

上海教育出版社



上海市物理学会中学物理教学研究委员会编

高中物理教学参考读物

月
分子物理学和热学

上海市物理学会
中学物理教学研究委员会编
上海教育出版社

高中物理教学参考读物

分子物理学和热学

上海市物理学会

中学物理教学研究委员会编

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.5 字数 116,000

1958年5月新知识第1版 1959年5月新1版

1981年10月新2版 1981年10月第12次印刷

印数 260,531—310,530本

统一书号: 7150·509 定价: 0.46元

修订版前言

上海市物理学会中学物理教学研究委员会从1956年开始所主编的一套《高中物理教学参考读物》共14册，先后经过四年的时间，到1959年陆续出齐。编写目的是以当时的《中学物理教学大纲》为依据、结合中学物理教学的需要，帮助教师更好地掌握教材，以提高教学质量。问世以来，颇得读者的支持和关怀。在文化大革命前曾多次重印，其中有几本印数多达数十万册。其间也曾根据读者所提意见作过修订和适当补充，重新排版出了几次修订本。粉碎“四人帮”后，为了满足广大师生对物理参考书的需求，又重印了一次。但物理科学近年来发展较快，它在社会主义建设和实现“四化”的过程中起着重要的作用，为了适应这些要求，原书不足之处很多，须作进一步的修订。为此，我们在维持原书面目不过多改变和原篇幅不过多扩大的前提下，根据教育部最近颁布的《全日制十年制学校中学物理教学大纲》（试行草案）和当前中学物理的教学情况，在内容上适当加深加广；处理教材的方法上力求新颖，以供教师备课时参考，并对学有余力的同学提供课外补充读物，加深理论和扩大知识面。单位制以SI制为主，如有必要也适当介绍其他单位制。适当更新插图内容，增补一些有参考价值的例、习题。删去比较陈旧烦琐的内容，努力做到取材精练新颖，争取能够反映我们国家的新成就。

本书原由朱章同志写成初稿,经贾冰如、杨逢挺两位同志提供了删改和补充的意见,最后由朱章同志作了全面整理。现仍由朱章同志修改。由于我们对中学物理的教学经验不足,又是在匆忙中完稿,疏忽和错误不妥之处在所难免,请读者随时予以指正。

目 录

第 1 章 分子运动论	1
一、物质分子结构学说的发展简史.....	1
二、分子的运动.....	3
三、分子间的空隙.....	7
四、分子间的作用力.....	8
五、分子的大小和数目 分子的质量.....	10
六、分子的热运动.....	12
第 2 章 热学基本知识	15
一、物体的内能.....	15
二、内能的变化.....	16
三、热量的量度和单位.....	18
四、物体的热容量和物质的比热.....	19
五、比热的测定.....	23
六、热功当量.....	25
七、能的转变和能量守恒定律.....	28
八、固体的热膨胀.....	29
九、液体的热膨胀.....	42
第 3 章 气体的性质	49
一、气体分子的运动.....	49
二、玻意耳-马略特定律	59

三、查理定律·····	68
四、盖·吕萨克定律·····	74
五、热力学温标、查理定律和盖·吕萨克 定律的表示法·····	80
六、理想气体定律用于真实气体时的偏差·····	83
七、理想气体状态方程·····	87
八、气体在膨胀和被压缩时温度的变化·····	93
九、气体在等压下所做的功·····	95
第 4 章 液体的性质 ·····	98
一、液体分子间的作用·····	98
二、液体的内压强(分子压强)·····	100
三、液体的表面张力·····	103
四、表面张力系数·····	105
五、浸润和不浸润·····	108
六、弯曲液面的内外压强差·····	111
七、毛细现象·····	114
第 5 章 固体的性质 ·····	120
一、晶体和非晶体·····	120
二、晶体的空间点阵·····	123
三、弹性和范性·····	126
四、弹性形变·····	128
五、弹力·····	130
六、胡克定律·····	133
七、扭转变形·····	137
八、弯曲形变·····	140
九、极限胁强、实用胁强和安全系数·····	143
十、物体形变时的功能转变·····	145

十一、硬度.....	146
附录一 复习参考题.....	148
附录二 计算题和论证推导题.....	153

第 1 章

分子运动论

一、物质分子结构学说的发展简史

据记载和传说，远在 2500 年前，古希腊时代就有物质是由某些元素所组成的假说，其中以物质的原子论最为深刻。约在纪元前四百年，古希腊的著名思想家列希浦和德莫吉利图等提出了物质原子结构的概念，认为一切物质都是由极小的微粒——“原子”构成的；各种不同物质具有各种不同的原子，这些原子在不断地运动着；环绕我们世界的所有物质都是由于原子的各种运动和各种结合而形成的。德莫吉利图并用实例来说明了他的学说。譬如他这样地解释了花的香味：从花中飞出来的原子冲进人们的鼻孔里，于是引起了有香味的感觉。

此后经过许多年，由于在封建统治下一切科学长期停滞，物质构造的学说也就长期没有得到发展，德莫吉利图的学说

也就被人遗忘了。在中世纪时期,基督教获得大权后,教会就禁止传播“世界一切是由原子构成的”这种唯物思想。

尽管这样,由于自然科学的发展,物质原子论的学说又重新被提出来。在十七、十八世纪虽出现了一些比原子论进一步的学说,但还是定性的分子运动论的假说。1658年,伽森第二以分子运动的观点,解释了物质的气、液、固三态的区别;1678年胡克又以气体分子不断碰击器壁的结果,解释了产生气体压强的由来;1738年物理学家伯努利从胡克的基本假说,算出了气体压强和体积成反比的玻意耳定律,并且根据推导结果指出,这个定律在必须考虑分子本身所占体积的情形下是需要加以修正的,这些结果预示了分子运动假说的优越性。此后,经过18世纪俄国科学家罗蒙诺索夫(1711—1765)的深入研究,用实验事实做基础,才把从前有关物质的结构假说变成科学的理论——分子运动论。

罗蒙诺索夫认为一切物体是由极小的微粒所组成,这些微粒都非常之小,不是视觉所能觉察的,这种微粒称为分子,这些分子即使在极少量的物质里它们的数目还是很多的;并认为“微粒”的运动和相互作用决定了物质的性质。他运用分子运动和它们之间的相互作用来解释物质状态的变化。

分子运动论经过了罗蒙诺索夫、拉瓦锡、道尔顿、阿伏加德罗等的先后创设和补充,最后奠定了物质分子原子结构的基本理论:(1)物质是由极小的微粒所组成,这些微粒叫做分子,分子是单独存在的最小的物质微粒;(2)分子还可用化学方法分成更简单的微粒,叫做原子。

罗蒙诺索夫还提出了原子和分子做永不停止的热运动的假说,他认为物体的热现象是由我们肉眼看不到的质点的运动所产生的。后来证实了物体的热现象是与分子的无规则运

动相联系着。

十九世纪的六十年代, 麦克斯韦、克劳修斯、玻耳兹曼等在前人的基础上, 对物质分子作进一步的研究, 对物质的某些现象或性质, 例如压强、温度、热容量等同时还可以作定量的处理, 其结果在很大程度上都得到实验的验证, 这样就使分子运动论得到更进一步的发展。

随后, 科学家用实验观测(如 α 质点对金属原子的散射实验)证实了分子和原子的真实性; 由于爱因斯坦(在 1905 年)、斯莫路绰夫斯基(在 1906 年)和贝兰(在 1908 年)对布朗粒子运动在理论上和实验上进行研究的结果, 也直接证实了分子热运动的真实性, 因此分子运动论就成为无可置疑的正确理论。

二、分子的运动

我们不能直接看见分子和分子的运动, 但是可以通过实例和实验来证实其存在。显示出分子永远在不停地运动着的事例很多, 如将装有氨气的瓶口打开, 不久满室都嗅到臭味; 将一滴蓝墨水滴入一杯清水中, 不久全杯都呈现蓝色; 将金块和铅块的平滑面紧压在一起, 经过较长时间后, 可发现金块表面有一层铅分子, 铅块表面有一层金分子。这些分子的运动状态怎样? 运动的速度与哪些条件有关呢? 我们可以通过下面的几种实验来加以说明。

1. 布朗运动 1827 年英国科学家布朗用显微镜观察悬浮在液体中非常小的固体微粒, 发现这些微粒在作永久不停的无规则无定向的运动; 微粒越小, 运动越激烈, 这种运动叫做布朗运动。这种永不停止的运动, 不依赖于任何外界的原

因,而是物质内部在运动的表现。

怎样会产生布朗运动呢? 可以从分子运动论的观点得到解释: 不停地向各方向运动着的液体分子与悬浮在液体中的固体颗粒相碰撞, 它们就给这固体颗粒一些冲量。如果液体中的颗粒体积较大(相对于分子的大小而言), 则在任何瞬间与它碰撞的分子数目就较多, 而且碰撞的分子来自不同的各个方面, 因此颗粒所受到各方向的冲量基本上抵消掉, 因而这颗粒在实际上能保持不动; 如果颗粒的体积十分微小, 则在任一瞬间与它碰撞的分子数就比较少, 可能某一方向的分子碰撞颗粒的次数多于其他方向的分子, 在这种情况下, 冲量不能完全抵消, 因此颗粒就顺着较大的冲量方向运动, 而产生布朗运动, 也就是在显微镜下所看到的颗粒的不规则运动。这种颗粒运动的产生, 是由于颗粒受到所在液体中的分子不规则的碰撞作用下所产生的运动, 故布朗运动只能反映分子运动的结果。显微镜下所观察到的颗粒并非分子, 分子的直接运动是看不见的。布朗运动的图示仅表示小颗粒运动的大概情况,

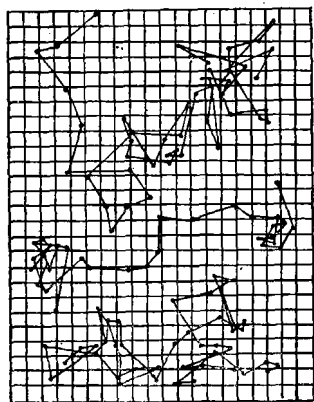


图 1-1

并不是小颗粒运动的实际轨迹(图 1-1), 因为颗粒的位置是每隔 30 秒记录一次, 在这段时间里, 小颗粒不断受到液体分子的碰击, 实际途径一定有更多的曲折, 所以图示并不代表分子运动的轨迹。

在不同的温度下, 观察悬浮在液体中的颗粒运动状态是不同的, 温度愈高, 布朗运动越激烈。这充分说明了分子运动的速度与

温度有关。

悬浮于气体中的微粒，也同样可作布朗运动。如在空气中的微粒，象悬浮在空中的烟尘或雾滴也作不规则的运动。

2. 扩散现象 如果有一个装满褐色溴气的玻璃圆筒 *A*，上面口对口的放着一个充满空气的圆筒 *B*，并用一张厚纸把空气和溴气隔开，如图 1-2 所示。

如果把隔着的厚纸抽去，我们可以看到溴气渐渐渗入上面的容器 *B* 中，而与空气混合。由于溴气是褐色，所以容易看到这过程的进行，并看到在短短的时间内两个容器里的气体都成了溴气和空气的均匀混合气体。这个实验指

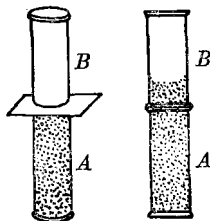


图 1-2

出，溴气的比重虽比空气大，在圆筒 *A* 内的溴气能渐渐跑到上面与圆筒 *B* 内的空气相混合，同时圆筒 *B* 内的空气也能下降与圆筒 *A* 内溴气相混合，所以这两种气体的混合并不能认为是由于重力等的外来的作用，而是分子本身运动的结果。这种不同物质在接触时，没有受到任何外力影响，而能彼此进入对方里去的现象叫做扩散。

液体也有扩散现象，可以用下面的实验来观察。在玻璃圆筒里先装上一半的蓝色硫酸铜溶液，再小心地把清水倒在硫酸铜溶液的上面，然后把玻璃筒放在一个不受振动的地方，使它处在完全静止状态，因为硫酸铜溶液比水重，所以在开始时，两层液体间有着鲜明的界限，但经过一段较长时间后，靠近界面的水慢慢变蓝，靠近界面的溶液的颜色变浅了些，再经过较长的时间，全筒变成了同样颜色的混合液体。这实验显示出比较重的液体的分子会向上移动进入较轻的液体；比较

轻的液体的分子会向下移动,进入较重的液体,这也有力地证实了分子运动的正确性。

不但气体和液体的分子有扩散现象,固体的分子也有扩散现象,不过固体的分子扩散现象的实验需要经过较长的时间才能显示出来。如果把研磨得很平滑的两块不同性质的金属板,在普通室温下,相互紧压在一起,几个月或几年后,假使在两块金属板的接触面上各刮下一层,加以化验,都可以发现有两种金属成分,也就是在接触处已形成合金。在普通室温下,金属是不能熔解的,这种合金是由于两种金属的分子本身运动的结果而形成的,也就是说,由于两种金属分子扩散的结果。所以固体分子的扩散,只是在快慢程度上不同于气体或液体而已。

自然界里有关扩散现象的实例是很多的,例如从土壤孔隙里、工厂烟囱里和火山的喷口里放出的二氧化碳,不仅出现在放出它的地方,而且会扩散到大气中。扩散现象在自然界起了很大的作用,它使整个地球表面附近的大气保持相同的成分;由于土壤里不断进行各种盐溶液的扩散,因此帮助了植物获得正常的营养。

从实验还知道,在其他条件不变的情况下,物体的温度越高,扩散进行得越快。这说明在温度升高时,分子无规则运动的速度增大,因此扩散就进行得越快。

通过以上布朗运动和扩散现象的实验和研究,我们可以肯定,任何物质的分子不论在什么状态下,都在做永不停止的无规则运动;实验和理论都证明,这种分子运动的速度与物质的温度有关,温度越高,表示物质内部分子无规则运动越剧烈。因此可以导出关于物质结构的一个结论:一切物体都是由永不停止的作无规则运动的分子所组成。

物体中的分子都在作无规则的运动，单个分子的速度没有一定的规律。无论对气体、液体或固体，分子运动的一般性质都是一样的，运动都是无秩序的，因此分子的速度在各方向就很不一致，而是很杂乱的。由于分子互相碰撞，它们的速度无论方向和大小都在不断变化，故在任一时刻，物体具有速度大的分子，也具有速度小的分子。因为分子互相碰撞的关系，所以速度很大的和速度很小的分子的个数和其他分子个数相比是很少的，因此大多数的分子的速度和某一平均速度相差很小，所以讲分子运动的速度时，如果不加其他说明，一般是指大量分子的平均速度而言。只讲单个分子运动的速度是没有意义的。

分子的平均速度是很大的，而且和物体的温度以及分子的种类有关，质量比较小的，运动速度就比较大，例如，在一般室温时氢分子的平均速度约为 2000 米/秒，而汞分子的平均速度约为 200 米/秒。

分子的平均速度既是这样的大，但是我们感觉到的气体和液体的扩散总是相当慢的，这是什么原因呢？这是因为运动着的分子是经常和别的分子碰撞而改变它们的速度大小和方向，虽然分子是以高速运动着，但是它们通过没有相互碰撞的路程是很短的，因此它们在一定方向所前进的速度就相当慢了，所以分子的相互碰撞是扩散现象变慢的主要原因。

三、分子间的空隙

由布朗运动和扩散现象，还可以知道分子之间是存在空隙的。事实上如果物体的分子是相互紧贴在一起，它们就不会有作任何直线运动的自由，就是说它们只能旋转而不能从

一个地方移动到另一地方,因此就不可能有布朗运动,也不可能有扩散现象。我们还可以用许多实验和实例来说明这个问题。例如溴气可以扩散到整个屋子里,这现象说明气体的分子可以跟相邻的分子离得很远,同时这种气体是在空气中扩散的,这说明了空气的分子跟分子间也有空隙存在。

一切物体当它们所受到的压强增大时,体积就要缩小;压强减小时,体积增大。气体的体积变化最大,液体和固体的体积变化是很小的。一般物体都有热胀冷缩的性质,冷却时物体的体积缩小,加热时体积膨胀,这些现象都是由于分子间空隙的扩大和缩小而形成的。

如果我们使两种液体混合(如酒精和水),由实验得知,混合液体的体积比两种液体混合前的总体积为小,这是由于混合的结果分子的位置有了变动,一部分自由空间被分子占据,混合液体的分子之间的空隙减小了,所以总的体积也就缩小了。

通过上面的实例,可以证实组成物质的微粒“分子”并不是紧密地挤在一起,而是彼此之间有一定的距离。

四、分子间的作用力

从上节中我们已经知道分子之间是有空隙存在的,但是为什么把固体分开要用很大的力呢?分开后为什么又不容易把它们接合在一起呢?这说明分子之间存在着相互作用力。

分子之间的作用力与分子之间的距离有很大的关系,它们究竟有什么关系呢?我们可以从下面的实验来说明它。假使我们要把固体截成两段,常要用很大的外力,如果想使截断的地方再接合,往往在常压下不能办到。这是因为固体内的

分子靠得很近,距离短,吸引力大,要折断它们时必须要用很大的力来克服这种引力;折断后虽然再使断面相接触,但断面上的分子能接触的很少,分子之间的相对距离大,吸引力作用很弱,不能使两个断面重行接合。但是如果把一块纯净的铅切成两块,假使是新切的,而且切得很平滑,用力压紧以后,它们就能够连在一起不离开。实际上,分子间的距离如果超过 10^{-9} 米,分子间几乎没有相互作用力。对于大量分子中的每个分子而论,以这个分子为中心, 10^{-9} 米为半径作一球面,只有在球面内的分子对于它才有作用力,这个球形范围叫做分子力的作用球,球的半径称为分子力的作用半径。

因为固体或液体的分子与分子间靠得很近,而气体的分子间相距很远,所以固体或液体分子间的作用力就比气体间的作用力大得多。从日常生活中我们可以观察到固体或液体的分子间是互相吸引的,但事实上固体或液体是很难压缩的。要压缩液体或固体必须用很大的力,这说明分子之间的作用力,既存在着相互吸引的力还存在着相互排斥的力。而这些分子的作用力,在本质上和万有引力以及库仑定律所指出的电荷间相互作用力是不同的。它的本质部分是属电性的,但并不遵循跟距离的平方成反比的规律,它和距离变化的关系,大致如图1-3所示。当分子间的距离小于 10^{-10} 米时,分子力(也就是吸引力和排斥力的合力)表现为排斥力;当距离介于 10^{-10} 米— 10^{-9} 米之间时,则分子力表现为

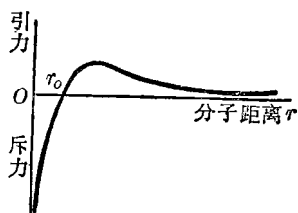


图 1-3

吸引力,距离超过 10^{-9} 米时,则不能显著地表现出分子的作用;当分子间的距离比较大时,分子间相互作用的是很小的吸