

基础物理

湖南师范学院物理系

湖南人民出版社

基 础 物 理

(热学 光学 原子物理学部分)

湖南师范学院物理系

湖 南 人 民 教 育 出 版 社

基 础 物 理

(热学、光学、原子物理学)

湖南师范学院物理系

责任编辑：董树岩

装帧设计：张小平

湖南人民出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 衡阳印刷厂印刷

1981年5月第1版第1次印刷

字数：215,000 印张：10.625 印数：1—16,800

统一书号：13109·53 定价：0.79元

目 录

热 学 部 分

引言	(1)
第一章 热现象	(4)
第一节 分子运动论	(4)
第二节 温度和温度计	(9)
第三节 物体的内能	(11)
第四节 热量 比热	(14)
问题与习题	(20)
第二章 机械运动与热运动的转化	(21)
第一节 热功当量	(21)
第二节 热力学第一定律	(23)
第三节 准静态过程与循环过程	(26)
第四节 统计规律性	(35)
问题与习题	(50)
第三章 气体的性质	(52)
第一节 气体的状态方程	(52)
第二节 气体分子平均平动动能与温度的关系 玻尔兹曼恒量	(70)
第三节 理想气体实验定律的微观意义	(73)
第四节 温标	(76)

问题与习题	(88)
第四章 物态的变化	(88)
第一节 溶解和凝固	(88)
第二节 汽化和凝结	(100)
第三节 气体的液化	(112)
问题与习题	(119)

光 学 部 分

引言	(121)
第一章 几何光学的基本定律	(124)
第一节 光波和光线	(124)
第二节 光的直线传播定律和独立传播定律	(125)
第三节 光的反射定律	(128)
第四节 光的折射定律 折射率	(131)
第五节 光通过平行薄板和棱镜的折射	(134)
第六节 全反射现象 光学纤维	(136)
问题与习题	(138)
第二章 球面系统的反射和折射	(140)
第一节 球面镜反射成象	(140)
第二节 透镜成象	(150)
第三节 光学仪器	(166)
问题与习题	(178)
第三章 光的干涉、衍射和偏振	(181)
第一节 惠更斯原理	(181)
第二节 光的干涉	(182)

第三节	光的衍射	(190)
第四节	光的偏振	(203)
问题与习题		(206)
第四章	电磁波谱	(207)
第一节	分光镜	(207)
第二节	光谱的分类	(209)
第三节	红外线和紫外线	(212)
第四节	荧光和磷光	(214)
第五节	伦琴射线	(215)
第六节	电磁波谱	(218)
第五章	光的量子论	(220)
第一节	光电效应和光量子	(220)
第二节	光的波粒二象性	(224)

原子物理学部分

引言	(227)
第一章 原子的核外结构	(230)
第一节 原子的核式结构	(231)
第二节 氢光谱的规律性	(235)
第三节 玻尔的氢原子理论	(240)
第四节 原子核运动所引起的效应	(248)
第五节 氢原子的椭圆轨道	(252)
第六节 空间量子化	(256)
第七节 电子的自旋	(261)
第八节 原子的电子壳层结构和门捷列夫元素周期系	(263)

第九节 激光的基础知识	(263)
问题与习题	(277)
第二章 原子核与原子能	(278)
第一节 天然放射性与原子核衰变	(278)
第二节 射线的测量	(287)
第三节 原子核的结构及性质	(294)
第四节 核反应与核能的利用	(303)
第五节 放射性同位素及其应用	(309)
第六节 重核裂变与原子反应堆	(311)
第七节 原子弹原理	(318)
第八节 原子弹爆炸过程的物理效应、伤害因素和防御	(323)
第九节 氢弹原理	(326)
第十节 受控热核反应简介	(330)
附录 元素周期表(长式)	

热 学 部 分

引 言

物质的热运动是比机械运动较为复杂的运动形式，它是自然界中最普遍的运动形式之一。所谓热运动就是构成物质的大量分子无规则的运动。热现象就是物质大量分子热运动的集体表现。温度的高低直接地反映着物体的热运动状态。例如，以气体来说：就个别分子来看，每秒钟与其它分子的碰撞达到几十亿次，速度时大时小，运动轨迹是一条无规则的折线。但是，就总体来看，气体的温度越高，分子运动就越剧烈，而且在一定温度下，它们运动的动能平均值完全由温度所决定。因此，一般把与温度有关的物体性质和状态的变化都叫做热现象。例如，热膨胀、溶解、凝固、蒸发、扩散等等。热现象和其它自然现象一样，都遵循着一定的规律。研究热现象的规律对于我们的生活和生产都有重要的指导作用。

分子物理学和热力学都是研究热现象的规律的，即两者的研究对象是相同的。但是，两者的观点及采用的方法并不相同。

组成物质的分子数目是非常巨大的，例如，1克分子（物质的质量用克表示时，若其数值等于其分子量，则称之为1克分子）即1摩尔分子（在国际单位制中，物质的量的单位采用

摩尔。一物系中所包含的结构微粒数目与0.012千克碳-12的原子数目相等，则该物系物质的量为1摩尔。0.012千克碳-12的原子数等于阿佛加德罗常数，即 6.023×10^{23} 。也就是说，一摩尔任何物质里都含有 6.023×10^{23} 个结构微粒。1摩尔铁含有 6.023×10^{23} 个铁原子，一摩尔水含有 6.023×10^{23} 个水分子。考虑到历史上的习惯用法，我们在后面仍采用克分子概念，暂时不用摩尔这一单位）气体就含有 6.023×10^{23} 个分子。这些分子永远处于无规则的热运动状态中。单个分子的运动虽然遵循力学规律，但如果对一个个分子进行力学分析，列出力学方程，企图得到热运动的规律，这是根本不可能的，也是不必要的，由此可见，对这类较复杂的物质热运动不能单纯用力学方法来解决。

每个运动着的分子都有大小、质量、速度、能量、动量等，这些用来表征个别分子特性的物理量称为微观量。一般在实验中测得的是表征大量分子集体特性的量，例如，物体的温度、压强、密度、热容量等，称为宏观量。宏观量与微观量之间有着内在的联系。因为虽然个别分子的运动是无规则的，但是从大量分子的集体表现来看，却存在着一定的统计规律，运用统计方法，可以求出大量分子的一些微观量的统计平均值，用来解释从实验中直接观测到的物体的宏观性质。总之，统计物理学是从物质的原子、分子结构出发，运用统计的方法来阐明热现象的规律，确定宏观量与微观量之间的关系。

虽然物质的分子运动极其复杂，但是经验表明，在一定状态下，这些分子集体——物体，具有一定的能量，从一个状态

过渡到另一个状态时必然发生能量的转移或转化。在热力学中，并不考虑物质的微观结构，而从能量观点出发，总结出物体状态变化过程中遵守的几条经验定律，来分析研究物质宏观性质之间的关系。

综上所述，可知热力学是宏观理论，统计物理学是微观理论。热力学所研究的物质宏观性质，用统计物理学的观点来分析，才能了解其本质；统计物理学理论，经热力学观点的研究，能够得到验证。因此，两者不可偏废，它们彼此取长补短，相互联系，使我们对热运动规律有更全面的了解。

气体分子运动论是统计物理学的一个方面，它从气体微观结构的一些简化模型出发，不仅可以研究气体的平衡态，而且可以研究气体中由非平衡态向平衡态的转变过程。本书不全面讨论统计物理学，只限于讨论其中的分子运动论部分。

第一章 热 现 象

第一节 分子运动论

在二千多年以前，就产生了一种学说，认为一切物体都是由极小的微粒组成的，且这些微粒在不断地运动着和相互作用着。近代科学实验证实了这一学说，并且进一步把它发展成为物理学中一个重要理论——分子运动论。利用这种理论，可以说明很多物理现象和物质的性质。在这一节中，我们将初步介绍一下有关这一学说的基本知识。

一、物质由分子组成

许多观察和实验的结果告诉我们，任何宏观物体都可以分割成为极小的微粒，通常把可以独立存在并保持物质原有性质的最小微粒叫做分子。物质一般是由分子构成的，分子是由更小的微粒——原子组成。有些物质，例如一般的纯金属，隋性气体（氦、氖、氩等），它们的分子是由一个原子组成的，叫做单原子分子；有些物质，如氢、氧、一氧化碳等，它们的分子是由两个原子组成的，叫做双原子分子；由两个以上的原子组成的分子叫做多原子分子，例如水、酒精、橡胶、塑料以及一些有机物的分子都是多原子分子。

科学研究的结果，精确地测出了各种物质分子的大小。在分子物理学和热学的研究中，我们可以把分子当做弹性小球来

看待，用直径来表示它的大小，一般分子的直径只有几个埃（1埃= 10^{-10} 米）左右。例如，氢分子的直径是 2.5×10^{-10} 米，水分子的直径是 4.0×10^{-10} 米。物质的分子虽然这样小，但是它们都具有一定的质量，知道了1克分子物质的质量和它所含的分子数，我们就可以计算出一个分子的质量。例如：1克分子氢的质量是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

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

许多事实还证明：在任何物质中，分子间都有空隙存在。物质不同，分子间的空隙大小也不同。对于同一种物质来说，分子间的空隙，在气态时最大，液态时次之，固态时最小。

综上所述可知，宏观物体是由许多不连续分布的彼此之间有一定空隙的分子所组成。

二、分子在不停地运动

打开汽油瓶的瓶塞，很快就闻到汽油的气味，说明汽油的分子已经散入邻近的空气中，这种现象叫扩散。

扩散现象说明，组成物体的分子在不停地运动。分子太小，目前一般还不能直接观察到它的运动情况，但是，通过下面的实验可以间接地了解分子运动的特点。

把一种固体物质，如藤黄或黑墨的足够小的颗粒，放在不能溶解这种物质的液体（如水）里，再放在600倍以上的显微镜下面来观察（图1—1），就可以看到这些小颗粒在不停地运

动着，每一个小颗粒的运动方向和速度的大小都改变得很快，小颗粒的运动是紊乱的，不规则的，这样的运动叫做布朗运动。

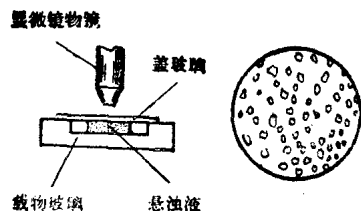


图 1—1

从观察的结果我们知道，布朗运动是不会停止

的。把用来观察布朗运动的悬浮液放在封闭的浅皿里，那么，不管在白天或黑夜，不管在冬天或夏天，随时都可以看到布朗运动，我们可以连续地观察许多天，许多月甚至许多年，也看不到这种运动会停止下来。

产生布朗运动的原因是什么呢？

小颗粒所在的那种液体分子始终不停地运动，是产生布朗运动的原因。液体分子是在不停地运动着的，液体中悬浮的小颗粒必然要受到四面八方的液体分子的碰撞，每一时刻从各个方向来碰撞小颗粒的液体分子数不会恰好相等，所给予的冲量也不会相互抵消，这样小颗粒将改变它的运动状态，布朗运动虽然不是液体分子本身的运动，但是永不停息的布朗运动却充分证明，液体分子的运动是永恒的、无规则的。

悬浮在气体中的灰尘、烟雾等小颗粒也有类似的运动，这说明，气体分子的运动也是无规则的。

如果把较大的颗粒放在液体中，它当然也要受到液体分子的碰撞，但是，由于颗粒较大，液体分子从各方面施于颗粒的冲量所引起的动量变化，可以忽略不计，所以颗粒实际上保持

不动，这样就观察不到布朗运动。

实验还表明，液体的温度越高，放入其中的小颗粒的布朗运动就越激烈。这说明分子运动的激烈程度与物体的温度有关，所以，我们把大量分子的无规则运动叫做热运动。

总结大量的实验事实，我们知道，自然界的种种热现象，都是物体内部大量分子热运动的集体表现。

三、分子之间的作用力

我们已经知道物质是由分子组成的，分子之间有一定的空隙，而且分子在不停地运动着。但是，为什么把固体分开要用很大的力呢？这说明分子之间存在着相互作用力。

分子间的作用力有引力和斥力，统称为分子力。

分子力 f 的作用与分子间的距离 r 有关，这种关系可用图 1—2 来简单说明，图中纵坐标的正值表示斥力，负值表示引力。横坐标表示分子间的距离。由图可知，当分子间的距离等于 r_0 时，分子间的引力和斥力平衡，这个位置称为平衡位置。 r_0 约为 10^{-10} 米。

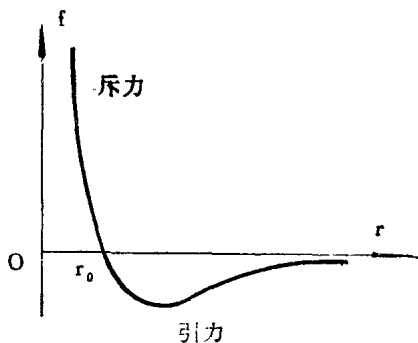


图 1—2

当分子间的距离小于 r_0 时，分子间的相互作用表现为斥力，斥力随距离的缩小而急剧增大，这就是液体和固体很难压缩的原

因；当分子间的距离大于 r_0 时，分子间的相互作用表现为引力，随着分子间距离的增加，引力先是增加，后来就较快的减小。引力的作用范围大约在 10^{-10} 米到 10^{-8} 米之间。

四、关于分子力和分子热运动的矛盾

为什么物体有气体、液体、固体这三种聚集状态（又叫物态，指物质分子集合的状态），而且它们的性质又有很明显的差别呢？

物体是由大量分子组成的，物体的性质是由分子固有的矛盾性决定的。分子之间有作用力，同时分子又做热运动。分子力的作用要使分子相互靠拢，使分子以一定方式排列聚集在一起，但分子的热运动却使分子互相离开，力图使分子向四面八方运动。这样，分子力和分子热运动就构成了一对矛盾。这一对矛盾的斗争和发展，决定了物体所处聚集状态的性质、形状和三种聚集状态相互转化的规律，这也是我们进一步研究其它热现象的基础。

在气体中，分子间距离比分子在平衡位置时的距离大得多，各分子间的相互作用力极小，往往可以忽略不计（分子相互碰撞时除外），在分子力与热运动这对矛盾中，分子热运动是矛盾的主要方面，分子有相互离开到处乱窜的趋势，所以气体总是要充满它所占有的容器，形状和体积随容器而变。

在液体中，分子间距离较近，分子力作用较大，分子力成为矛盾的主要方面，液体内的分子，可以在某个暂时的平衡位置附近作振动，还可以成群结队地相对移动，因此，液体具有流动性而没有固定的形状，但有固定的体积。

在固体中，分子距离更近，分子力作用更大，分子力也是矛盾的主要方面。分子力的作用使固体分子有规则地、整齐地排列着。分子热运动表现在：绝大多数固体分子只能在平衡位置附近作微小振动，而不能相对移动。这就决定了固体有一定的形状和体积，并有一定的机械强度。

物体的三种聚集状态尽管不同，但在一定的条件下，当分子热运动和分子力这一对矛盾的两个方面发生转化时，物体聚集状态就要发生转化，这部分内容将在第四章讨论。

第二节 温度和温度计

温度是表示物体冷热程度的物理量。

前面已经提到，随着温度的升高，布朗运动的剧烈程度便会增加。这表示，物体的温度和分子热运动的速度有关。增加物体的温度，就是增加分子热运动的速度。反过来说，如果我们用某种方法来增加分子热运动的速度，那么，物体的温度就要上升。

物体里的所有分子都参加热运动，但是各个分子的运动速度的方向和大小各不相同，而且在不断地变化着，某一瞬间，有些分子运动的速度很大，有些很小，但从大量分子的总体来看，它有“两头小，中间大”的规律，即速度很大和速度很小的分子是少数，而大多数分子具有中等大小的速度。我们可以用一个平均速度来表示大量分子热运动的情况，物体温度越高，分子热运动越剧烈，分子热运动的平均速度越大。我们知

道，运动物体具有动能，作无规则运动的分子也具有动能。速度越大，动能也越大。因此，物体温度的高低，实质上反映了物体内部大量分子热运动的平均动能的大小。大量分子热运动的平均动能越大，物体的温度就越高；平均动能越小，物体的温度也就越低。或者说，从分子运动论的观点来看，物体的温度是物体分子平均动能的标志，温度的升高或降低，标志着分子平均动能的增大或减小。

为了精确地测量物体的温度，就要使用一种特制的仪器，这种仪器叫做温度计。我们知道，当物体的温度发生变化时，它的某些性质也跟着发生变化。例如，液体的体积，气体的体积或压强、金属或半导体的电阻、热电偶的电动势、物体的发光颜色等，都随着温度而发生变化。人们就利用这些性质的变化制成不同的温度计。如水银温度计，就是利用水银的体积随温度而变化的性质制成的。

水银温度计（图1—3）的刻度是这样标定的，在标准大气压下，先把温度计的水银泡放在沸水的蒸气里（离水面约半厘米处）。一会儿，管中水银上升，待水银面稳定后，在玻璃管上或管后的木板上，刻下水银面的位置，记上数字100，再把温度计的水银泡浸入冰水混合物中，管中水银下降，待水银面稳定后，刻下水银面的位置，记上数字0，然后把0与100之间的长度等



图1—3