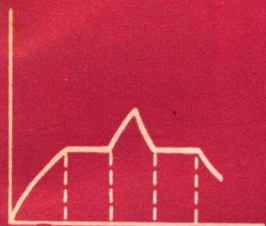
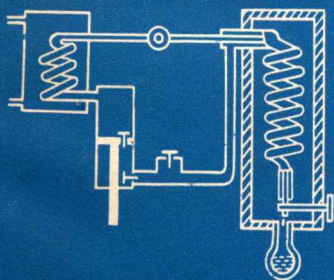
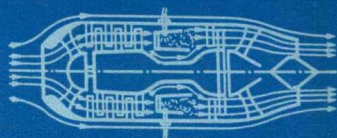


高中物理教学参考读物



物相变化和热机

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

物相变化和热机

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

物相变化和热机

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 4.125 字数 85,000

1958 年 8 月第 1 版

1981 年 10 月第 2 版 1981 年 10 月第 12 次印刷

印数 257,031—305,030 本

统一书号: 7150·20 定价: 0.36 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,以供教师备课时的参考,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。

本书原由江浩、陈泰年、贾冰如等同志编写，现参加修改的为吴志坚、张巧英同志。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 溶解和凝固	1
一、物相的变化	1
二、晶体和非晶体	3
三、溶解和凝固	4
四、溶解热和溶解热	6
五、溶解和凝固时体积的变化	8
六、影响溶解温度的几个因素	9
第 2 章 汽化和凝结	15
一、蒸发	15
二、饱和汽	16
三、汽化热	19
四、影响蒸发快慢的几个因素	22
五、沸腾	24
六、沸腾温度与液体周围压强的关系	27
七、液体的过热现象	30
八、溶液的沸腾	30
九、蒸馏	31
第 3 章 升华和三相点	35
一、升华	35
二、三相平衡点	36

三、物质在等压下的加热	40
第4章 气体的液化	43
一、气体等温变化时的情况	43
二、临界点	45
三、致冷方法和气体的液化	48
四、应用液化空气法分离出它的组成部分	52
五、应用液化气体可以获得低温	53
六、物相变化与辩证法	54
第5章 空气中的湿度	57
一、空气中的湿度	57
二、露点	60
三、湿度计	60
四、露、霜、雾、雨、云、雹和雪的成因	64
第6章 热机	67
一、热机的功用和组成	67
二、气体膨胀做功	68
三、热机的效率	70
四、热机的分类	72
第7章 蒸汽发动机	74
一、火室	74
二、汽锅	77
三、蒸汽机	81
四、蒸汽轮机	87
第8章 内燃机	92
一、奥托内燃机	92
二、狄塞耳内燃机	96
第9章 燃气轮机	100

第 1 章

熔解和凝固

一、物相的变化

自然界中有许多物质,或因本身的温度起了变化,或因它所受外界的压强起了变化,或因两者同时起了变化,会引起物质内部分子的构造形式,相应地起变化,也就是说,分子有时就要有不同的分布情况。物质内部分子的构造形式不同,因此同一物质就可有固相、液相、汽相三种不同的相^①。物质的分子构造由一种形式变成另一种形式,我们就说物质的相起了变化。固相变成液相的过程叫做熔解,相反的过程叫做凝固。液相变成汽相的过程叫做汽化,相反的过程叫做凝结。

^① 此处所指的“相”与有些物理书中所讲的“态”的意义完全相同,所以物相变化就是物态变化。但现今在热学中,已把“态”字用来表示一定质量的物质的热学状态。一定质量的物质的热学状态,是由温度、体积和压强三者所决定。为了避免混淆起见,所以我们采用相字来表示物质的固、液、汽三种相貌。

固相直接变成汽相的过程叫做升华,相反的过程叫做凝固。

我们必须注意,实际上一般物质的相,是有多种多样的。同一物质的固体可以有几种不同的分子构造形式,即有不同形式的结晶,它们的化学性质虽完全相同,但物理性质却有很大的区别。例如冰有六种结晶形式,金刚石和石墨是同一物质(碳)的两种不同形式的固相,固体的铁可有四种形式的固相(α 铁、 β 铁、 γ 铁和 δ 铁),固体的硫黄有单斜晶体与斜方晶体两种的固相。同一物质的液体也可以有几种不同形式的分子构造,例如液态的氮就有两种不同的液相。所以我们不要以为同一物质的两个不同的相,肯定的是指固、液、汽三相中的任何二相而讲的。例如虽然都是固体,但不一定是同相。由金刚石和石墨组成的系统,由 α 铁和 γ 铁所组成的系统,都不是单相系统,而是双相系统。

温度与压强是引起相变的两个因素。在某种温度与压强下,固体硫黄可以从一种结晶形式变成另一种结晶形式。按照相变的定义讲,这也是物相变化。同样,液体或汽体在某温度与压强下,它们的分子构造形式也可以变化,这也是物相变化。如此看来,固相、液相与汽相间的相互转变,不过是许多物相变化中的较显著的而已(以后我们只预备讨论这一类的物相变化)。

有些物质如玻璃与沥青等,并非结晶构造。加热时,温度逐渐升高,物质逐渐变软,最后全部变为液体,但这时没有分子构造方式的改变,所以虽然是固体变成液体,不应叫它为物相变化。严格地说,这些非结晶构造物质是粘滞性很大的液体不叫固体。

在物相变化中,我们准备着重研究以下的四个问题。(1)相变时的温度;(2)相变时所需的热量;(3)相变时容积的改

变; (4) 压强对相变时所生的影响。

二、晶体和非晶体

所有晶体都具有有规则的几何外形, 这是它最显著的外表特征。冬天的时候, 水汽在玻璃窗上冻结成美观而有规则的图形, 雪花是六角有规则的形状。某些天然晶体, 如石英、明矾等, 这些晶体的外形都是由若干个平面在一定规律之下围成的凸多面体, 围成这些多面体的面称为晶面。同一种晶体的这些晶面的相对位置通常是对称的。例如明矾结晶是八面体(图1-1), 石英是一中间成六面棱柱, 而它的两端都是六面棱锥所形成的晶体(图1-2), 岩盐结晶成一立方体。

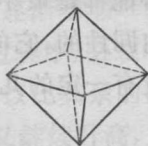


图 1-1

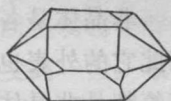


图 1-2

晶体的另一基本特性是各向异性的, 即在各个不同方向上有不同的物理性质。例如晶体的各个方向的膨胀系数是不同的。在不同方向它的力学的、电学的和光学的性质也是不同的。

金属和岩石的几何外形虽没有规则, 各方向的物理性质也都相同, 似乎不是晶体, 但实质上是晶体。用金相显微镜观察磨光了的金属表面, 就会发现, 金属是由许多小的晶粒构成的。通常, 晶粒线度很小, 一般为 $10^{-4} \sim 10^{-3} \text{cm}$, 最大可达 10^{-2}cm , 每立方厘米里至少有一千万个晶粒。每一晶粒内部是各向异性的, 但由于晶粒在空间方位上排列是无规则的, 所以金属整体表现出各向同性。我们称石英、明矾等具有规则

外形且各向异性的单个大晶体为单晶体,而称金属、岩石等由许多晶粒(即单晶微粒)构成的晶体为多晶体。

晶体内的分子(原子或离子)都是有规则彼此对称地排列着,形成所谓空间格子。由此也可以说明,每一晶体的外表为什么都是一定的有规则的几何形状。

构成结晶的每一个分子(原子或离子)都与邻近的分子(原子或离子)有相互作用力。结晶体内的分子(原子或离子)所以有规则的排列,是由于在这种排列的情况下,每个分子(原子或离子)的势能都是最小值。

非晶体是各向同性的。它的内部分子的排列是无规则的,因此它的外表也没有一定的几何形状。蜂蜡、玻璃、松脂和沥青等都是非晶体。

液体在重力的作用下,它的形状依盛它的容器的形状而变。非晶体在重力的作用下它的形状也要不断变化的。把一块沥青放到漏斗里,虽然它并未熔化,但是经过一段时间后,它会变成棒状从漏斗的下面流下来。用玻璃做的物品,日子长了,它的形状总是或多或少要改变一些的。这是非晶体与晶体极大区别的一点。所以非晶体很近似于液体,可以说,非晶体是粘滞性极大的液体。严格的讲,只有晶体才可以称它为固体,但在习惯上我们也称玻璃、沥青等为固体。

三、熔解和凝固

把纯粹的锡块放在一容器中,而后自容器之下均匀的加热。在锡块中钻一孔,孔中插一温度计,用以测量锡的温度的变化。在开始一阶段中,加热的时间逐渐增长,则锡的温度也逐渐升高。在直角坐标中,用横轴代表时间,纵轴代表温度,

温度与时间的关系如图 1-3 中 OA 曲线所示。当升高到某一温度（在图中以 aA 表示）时，则发现锡开始熔解，有液相锡形成。在以后一个相当长的时间内，温度保持不变，因此曲线由斜向上方而变成与横轴平行的直线（图中 AB 线段）。在这一阶段中，所加入的热量只是使固相的锡熔解成液相的锡的量逐渐增加，而并不能使温度升高。在此应注意的，正在熔解过程中，必须不断搅动已熔解的锡，否则靠近容器底的熔锡，可以比其余的温度高一些。最后到全部的锡块都熔解后，温度又继续升高，如图中 BC 线段所表示的那样。到了如图中所表示的 cC 温度后，如果不再加热，而使其逐渐冷却，线段 CB' 斜向下方。当温度降到某一值（图中以 $b'B'$ 表示）时，则见有凝固的小锡块出现于容器中。以后容器中的锡虽继续向四周放出热量，但在一个相当长的时间内，温度也保持不变，如图中 $B'A'$ 所表示的那样。到了全部的锡都凝固后，温度又逐渐下降，在图中以 $A'D$ 表示它的变化情形。

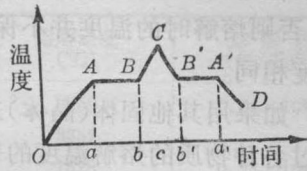


图 1-3

在熔解过程中，温度是不变的，熔解时的温度叫做熔解温度，也可以简称熔点。在凝固时，温度也是不变的，正在凝固时的温度叫做凝固温度，也叫做凝固点。对同一物质来讲，它的凝固温度和熔解温度是相同的。在熔解温度时，固体与液体是共存的。所以我们可以这样讲，固体与液体共存时的温度叫做熔解温度。在熔解温度时，如果输入热量则进行熔解，如果放出热量则进行凝固。高于熔解温度，物质存在于液相或汽相，低于熔解温度时，一般以固相出现。

在这实验过程中，我们是假定锡所受的外界压强是不变的，否则熔解时的温度并不保持不变，凝固温度也并不与熔解温度相同。

如果用其他固体(晶体)来做实验，则所得结果大致相同，不过各种物质的熔解温度的差别是很大的，如表1所示。镍在 1452°C 时熔解，金 1063°C 、钾 80°C 、冰 0°C ，固相的氢则在 -257°C 时熔解。最难熔解的金属之一是钨，它的熔点是 3357°C ，因为它不易熔解，所以可用作白炽电灯的灯丝。

四、熔解热和溶解热

如上一节所讲的实验那样，在熔解过程中，虽然继续有热量由外输入，然而锡的温度并不升高。我们可以提出这样一个问题，输入的热量变成了什么呢？

我们在第二节中已讲过，结晶体内部的分子是有规则的排列着。分子间有引力也有斥力，所有分子都是处于平衡而势能又是极小的状态中。每一分子只能在其平衡位置附近作振动而并不发生移动。当温度升高时，每一分子的振动动能增大，振幅变大，因此分子间的距离必然要增加。由此可以说明，物体的温度升高，它的体积就要膨胀。当温度升高到某一值(熔解温度)时，分子就可以离开原有的平衡位置而作移动。到了这种情况，分子的排列变乱了，分子间的距离一般的也增加了。分子的排列变乱和分子间的距离增加，都使得分子的势能增加很多。由此可以说明，在熔解过程中，输入的热量是增加分子的势能，换句话说，是用来克服分子的引力作功的，但并不改变所有分子的平均动能。物质的温度是和分子的平均动能联系着的而和势能无关。所以在熔解过程中，输入的

表 1 固体的热学常数

物 质	密 度 (10^3 千克/立方米)	熔解温度 ($^{\circ}\text{C}$)	熔 解 热 (焦/千克)
铝	2.7	659	0.39×10^6
钨	19.1	3357	—
铁	7.86	1528	0.28×10^6
钢	7.85—7.87	1300—1400	—
金	19.3	1063	67×10^3
黄 铜	8.4—8.7	约 900	—
铜	8.93	1083	0.18×10^6
镍	8.8	1452	0.28×10^6
锡	7.28	232	59×10^3
铅	11.34	327	26×10^3
正交形硫	2.07	119	42×10^3
银	10.5	960	0.1×10^6
锌	7.14	420	0.10×10^6

热量只能增加分子的势能而不能增加物质的温度。相反的，在凝固过程中，分子距离减小，分子由杂乱而变成有规则的排列，使前所增加的势能转变成等量的动能，由物体的表面以辐射能的形式向空间辐射出去，这样，在凝固过程中，温度也是不变的。

当固体熔解成同温度的液体时，体积一般是增加3—10%（水是例外），所以分子间的距离一般是增加1—3%，所以在熔解时增加的势能相当大，所需的热量相当多。

我们把单位质量的某种固态物质在熔点时完全熔解成同温度的液态物质所需要的热量叫做该物质的熔解热。熔解热只能使固体熔解成同温度的液体，温度并不升高，好象输入的热量潜伏在物体内部，所以熔解热是潜热的一种，因此熔解热也叫做熔解潜热。在凝固温度下，单位质量的某种物质从液态

变为固态所放出的热量叫做凝固热。对同一物质来讲，凝固热与熔解热是相等的。

熔解热的单位是焦/千克，它与比热的单位 [焦/(千克·开)] 是不同的。在 1 气压下，锡的熔解热是 59×10^3 焦/千克，冰的是 0.33×10^6 焦/千克，另有一些物质的熔解热可在表 1 中找到。

在非晶体的情况下，当温度逐渐升高时，物质逐渐变软。自开始熔解到全部熔尽，温度并不固定，而是逐渐升高的，所以非晶体既没有一定的熔解温度，也没有一定的熔解热。非晶体的分子的排列是杂乱而没有规则的。非晶体由固体变成液体，分子的排列没有本质上的区别，我们以前已讲过，它没有相的变化。

凡固体变成液体都需热量，固相物质溶解于液体而变成液相时，通常也需要热量。当盐类物质正在溶化时，溶液温度通常是下降的，此效应以硝石或硫代硫酸钠溶于水时最为显著。溶解 1 克物质所需的热量叫做溶解热。

五、熔解和凝固时体积的变化

当物体自固体熔解成液体时，体积是要发生变化的。大多数的物质在熔解后体积是变大的，银、铜、锌和锡等就是这一类的物质。也有少数物质例如冰、铋与锑等，在熔解后体积是缩小的。

在铸造工业中，必须应用熔解时体积缩小的特性，这样在熔液凝固时，体积膨胀，压入模型的细微深处，因此制品的形状便可与模型逼真。

水的比重以在 4°C 时为最大。在天寒时，晚间河面的水

温由于辐射等原因,必先变冷,比重变大而下沉,而河深处比重小的水则上升到达水面。上升的水亦复变冷,比重开始也变大,到了比重大于先前下沉的水,又引起对流。如此继续进行,到了深处的水达到 4°C 后,比重最大; 4°C 的水不能再上升,河面水的温度继续自 4°C 下降,体积反而逐渐变大,比重变小,水不再下沉,到达 0°C 时,水开始结冰。水结成冰时,体积仍是膨胀的,约增加 9%,所以冰是浮在水面而不下沉的,由此也可以说明结冰常在水面开始的道理。严寒时,河面虽已结冰,但河底的水则仍在 4°C , 此时鱼类常在河深处而不致冻死。

当水结冰时,体积是要胀大的,如果不允许它膨胀,则冰对周围物体产生很大的压力。设铸铁瓶有一厘米厚的坚壳,储以水后,紧闭之而投入很冷的冷剂中,由于结冰膨胀而产生很大的压力,结果铸铁瓶爆裂(图 1-4)。



图 1-4

雨水流入岩石中的缝隙深处,天寒结冰,可以使岩石裂开。由于水结冰时体积的膨胀,可使植物的细胞破裂而死。

溶解的蜡或铅等物质凝固时体积是缩小的,所以凝成的固体常有許多小孔。

六、影响溶解温度的几个因素

以前已讲过,温度与压强是影响物相变化的两个因素。而温度与压强又是互相影响的,由于压强的改变,可以影响相变时温度的高低。

如果固体溶解成液体时体积是胀大的,则增加压强的结