物　　理

（热、光部分）

重庆大学编印

一九七七年五月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

热现象和物性

第六章　分子运动的基本概念

§6—1　物质的分子结构、分子力……1
§6—2　分子运动的基本概念……2
§6—3　分子运动与温度的关系、热的本质……3
§6—4　气体的压强、压强计……4
§6—5　液体对压强的传递、水压机……5

第七章　物体的热膨胀

§7—1　线胀系数……8
§7—2　体胀系数……9
§7—3　热膨胀在生产技术上的应用……10

第八章　热量及其测量

§8—1　热量及其单位……12
§8—2　热量的传播……12
§8—3　比热、热容量……13
§8—4　热平衡方程式……14
§8—5　热功当量……15

第九章　物态的变化

§9—1　溶解和凝固、熔点和凝固点、熔解热……16
§9—2　汽化和凝结、沸点、汽化热……17

光　学

第十章　几何光学

§10—1　几种基本光学元件……20
§10—2　光的反射、平面镜和球面镜……21
§10—3　光的折射、全反射、棱镜……24
§10—4　透镜……28
§10—5　光学仪器……33

热现象和物性

第六章　分子运动的基本概念

§6—1　物质的分子结构、分子力

1、物质的分子结构：物质的分子结构理论是分子运动理论的基础。这个理论认为：物质是由极小的微粒组成的，这种极小的微粒叫做分子。因此，分子具有所组成物质的特性。例如，把糖分割成许多小微粒（砂糖），再捣碎成面（面糖），在面糖中最小的微粒也具有糖的性质。如果把糖溶于水中，糖分子与水分子混和，我们喝水时就感到糖的甜味。

物质分子都是极小的。我们知道有些金属可以压成很薄的板，如钢可压成0.003毫米厚的薄钢片，金可压成0.0001毫米厚的金箔，这种金箔都可以透过光线。又如一滴油在水面上可成0.000001毫米厚的薄层。可见，组成这些物质的分子是极小的。

既然分子是这样的小，那么，每1立方厘米物质的分子个数也是极多的。例如，在0℃和标准大气压下，1立方厘米空气中含有2.9×10^{19}个分子。

组成物质的分子是一个挨一个地排列呢？还是它们之间有一定的空隙呢？实验告诉我们，组成物质的分子间有一定的空隙存在。如一切物体，特别是气体，当压缩时它的体积就缩小，这就说明分子间有一定的空隙存在。我们还可以做这样的实验，在长约1米的玻璃管内先倒入半管水，再沿着管壁慢慢地倒入酒精（有色）如图6—1—1（a）所示。这样可以清楚的看出酒精和水的界限，标出酒精液面的位置，然后使酒精和水混合，等静下来后，可以看到混合后的液面比混合前低了，如图6—1—1（b）所示，即混合后的总体积比混合前缩小了。这种现象可由分子间存在空隙加以解释，由于一种物质分子间的空隙被另一种物质分子所占据了，结果是混合后的总体积缩小了。

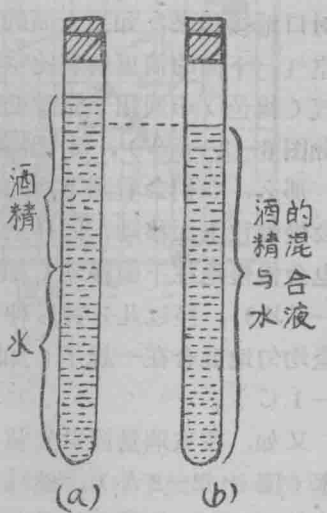


图6—1—1
酒精与水混合后总体积缩小

2、分子力：既然构成物质的分子间存在着空隙，那么，为什么这些分子并不散开反而能联在一起呢？液体和固体还保持一定的体积，特别是固体还要保持一定的形状呢？要想分割开它或者改变它的形状，还要用很大的力气呢？原来是这些分子间存在着相互作用的力——分子力的缘故。这使得每个分子吸引它邻近的分子；同时每个分子也都受到它邻近分子的吸引。所以我们要改变物体的形状或者把物体分割开就必须用力克服分子间的引力。既然分子间存在着引力，为什么玻璃打碎后，又不能拚在

一块呢？这是因为分子间的相互吸引力只有在分子间距离很小的情况下才能表现出来。以分子为中心，以分子引力起作用的最大距离为半径，画一个球，这个球的范围就是分子作用范围（又叫分子作用球）。在这个范围内的分子才能相互吸引，在这个范围之外，分子引力就不存在了。打碎的玻璃所以拚不起来，就是因为它们分子间距离大于这个范围的缘故。

如果把桌面上两个水银珠接触，或在石腊上让两滴水接触，由于接触后分子间距离小于分子作用范围，在分子间引力作用下，它们就合在一起了。

另外，分子间的相互作用，不仅表现在相互吸引的引力，还表现在相互排斥的斥力。例如，既然分子间有空隙，分子间又存在引力，为什么要压缩液体和固体反而很困难呢？这说明分子间的距离小于某个范围时，就表现出排斥力来。

由于分子力（包括引力和斥力）的作用，使组成物质的分子间保持一定空隙而又不彼此分开。

§6—2 分子运动的基本概念

1、扩散现象：我们有这样的经验，把有味的东西拿到房子里来，它的气味很快就传遍整个房子，房里的人会嗅到这种东西的气味。这说明从这种东西中跑出来的分子，向各个方向运动，最后均匀散布到整个房子，所以各处都能嗅到气味。

还可以做下面的实验，进一步说明物质分子的运动。拿两个玻璃筒，口对口地接起来，如果上面的筒里装着空气，下面的筒里装着比空气重的溴气（褐色）中间用一张厚纸隔起来（如图6—2—1 A），当把隔纸抽去后，那么，我们会看到下面的褐色溴气会慢慢往上面移动，同样上面的空气也会慢慢地往下面移动（如图6—2—1 B），经过几分钟后种气体就完全均匀地混合在一起了（如图6—2—1 C）。

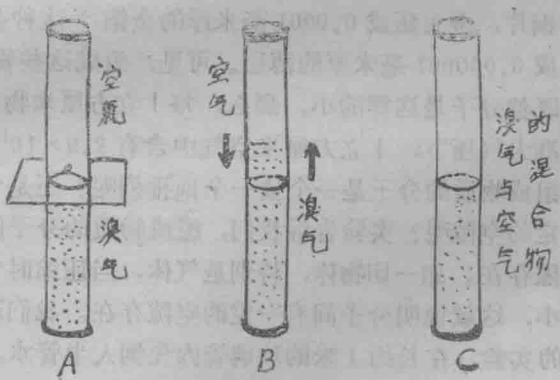


图6—2—1 观察气体的扩散

又如，在玻璃量筒里先装上半筒清水（图6—2—2 A），然后用长颈漏斗伸到筒底，将较重的兰色硫酸铜溶液慢慢地倒入筒内，起初两层液体之间有明显的界限（如图6—2—2B）经过几小时后，界限模糊了，兰色硫酸铜溶液向清水方面扩展，再过几天就完全混和了（如图6—2—2 C）。

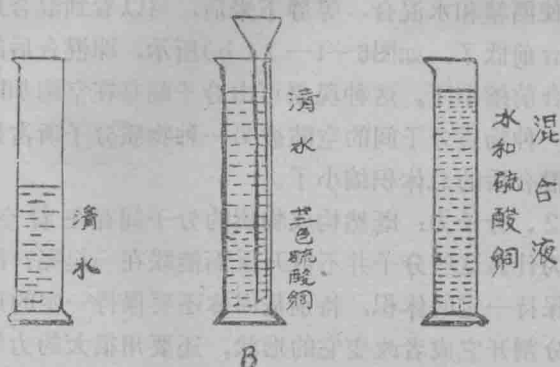


图6—2—2 观察液体的扩散

由以上实验可以看到，两种不同的气体或液体互相接触时，它们的分子可以越过它们的

界面向彼此方面移动，以达到完全均匀混合。一种物质分子向另一种物质分子里迁移的现象，叫做扩散。

不仅气体和液体分子有扩散现象，固体分子也有扩散现象。如把表面光滑的金板和铅板，用强力压紧，并把较重的金板放在下面，放上几年后，我们再切开看，可以发现铅分子跑到金板里面去了，金分子也跑到铅板里面去了。

扩散现象可以有力地说明：物质分子都在作不停地运动，由于这种分子运动才能使互相接触的两种物质的分子，越过界面而彼此进入。

实验也告诉我们：温度对扩散速度有很大影响，温度升高，分子运动速度增加，因此扩散速度也增加。在半导体器件生产中，有一种方法就是扩散法，控制扩散时间和温度就可以得到需要的扩散浓度和深度。

2、布朗运动：为了进一步了解物质的分子运动情况，我们再考查一下布朗运动。如果把能悬浮在液体中的很小的微粒（花粉或藤黄微粒），放在高倍显微镜下来来观察，我们可以看到这些微粒是在不停地、无规则地运动着。每个微粒的运动方向和速度大小都在很快地改变着。这种运动，叫做布朗运动，做布朗运动的微粒，叫做布朗微粒。

观察的结果告诉我们，液体的温度越高，布朗运动进行的越激烈。

图6—2—3是观察三个布朗微粒每隔30秒记下它们的位置而画出的它们的运动轨迹。

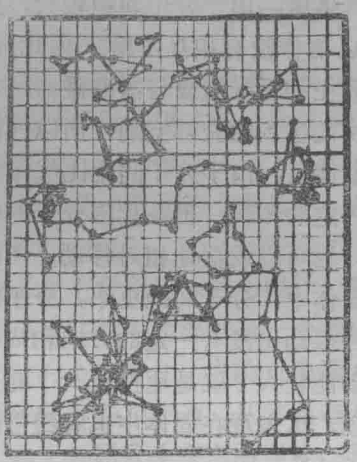


图6—2—3

我们要问，产生布朗运动的原因是什么呢？

布朗微粒是很小的，但它比液体分子要大几千倍，它被大量的液体分子所包围。由于液体分子在作不停地运动，布朗微粒就受到来自各个方向上大量液体分子的碰撞，如果各方向上与它碰撞的分子数不相同，微粒所受冲量大小也不相同，因此微粒将沿冲量大的方向运动。这样，由布朗微粒的不停地、无规则地运动也就间接暴露了大量液体分子的运动情况，即大量液体分子也是在不停地、无规则地运动着。而且温度越高，液体分子的无规则运动速度越快，布朗运动也越激烈。

由上述一些实验可得出分子运动的基本概念：

(1) 物质是由大量分子所组成的，分子间有一定的间隙；

(2) 分子间有相互作用的分子力——引力和斥力存在；

(3) 组成物质的大量分子是不停地、无规则地运动着；在这过程中分子间发生碰撞现象，从而传递能量；分子无规则运动的激烈程度与物质的温度有关系。

§6—3　分子运动与温度的关系　热的本质

1、分子运动与温度的关系：我们已经知道物质中分子运动的激烈程度与该物质的温度有密切关系，也就是说，物质温度升高时，物质中的分子无规则运动的速度就要增大。由力学知道，物体的速度越大，它的动能越大。因此可以推知，象运动着的物体一样，运动着的分

子也具有动能。由于物质中大量分子运动速度不同，因此它们的动能也不相等。物质中大量分子动能的平均值，叫分子的平均动能。当物质的温度升高时，大量分子运动速度要增大，分子的平均动能也要增大。根据温度与分子平均动能的这种关系，我们可以得出关于温度的更加明确的概念。

物体的温度就是组成物体的分子所具有的平均动能的量度。

我们说物体温度的升高或降低，就标志着组成物体的分子平均动能的增大或减少。

2．热的本质——分子的热运动：既然知道分子运动与温度有密切关系，而温度又是标志物体冷热程度的物理量，那么，当物体受热时，它的温度就要升高，分子无规则运动的速度就要增大。这就把物体的冷热状态同物体中的大量分子无规则运动联系起来。因此，我们把组成物体的大量分子的无规则运动叫做分子的热运动。

这样，由组成物体的大量分子的无规则热运动，就给出了物体冷热状态（热现象）的本质解释。

应该指出，每单个分子的运动并不能产生热现象，物体的热现象是由组成物体的大量分子的运动所产生的。

在气体、液体和固体里，分子的热运动是很不相同的。

在气体里，由于分子间距较大，分子间的相互作用力，除了相互碰撞的瞬间外，是很小的。可以看作没有相互作用。因此气体的分子在没有与别的分子相碰撞时将作匀速直线运动，只有在相互碰撞或与器壁碰撞时才可能改变运动方向和速度大小。这样，气体分子就总占满它所能达到的全部空间，所以气体有显著的膨胀性。

在液体里，由于分子间距比气体小得多，分子间的相互作用力是相当大的。这使液体可以保持一定的体积。但在周围分子的作用下，液体分子可以作没有一定方向和没有一定周期的振动，也可以成群地相对移动，所以液体具有流动性，而不能保持一定的形状。

在固体中，分子间距更小，分子间引力更为强大，因此固体分子只能在平衡位置附近振动（这种振动也没有一定的方向和周期），并能使固体保持一定的体积和形状。但是，固体中个别动能较大（就是速度较大）的分子，能够克服分子间的相互作用，在其它分子间作无规则运动，这表现在固体中也有缓慢的扩散现象。

§6—4 气体的压强 压强计

1．气体的压强：在力学中已经知道压强的概念，即单位面积上所承受的压力：

$$p = \frac{F}{S}。$$

根据分子运动论的概念，我们可以给出气体压强的本质解释。我们知道，气体总是要充满容器的全部空间的。而气体分子总是不停地、无规则地运动着，在大量气体分子无规则运动过程中总是对器壁发生反复不断地碰撞，碰撞的结果，对器壁产生了压力。器壁单位面积上所受气体的压力叫气体压强。所以气体的压强决定于大量气体分子在单位时间内对器壁的碰撞次数和撞击作用的大小。

当压缩气体时，气体体积缩小，这时分子与器壁连续两次碰撞之间的路程缩小了，所以在单位时间内大量气体分子对器壁的碰撞次数增多了，同时器壁面积缩小了，因此器壁单位

面积所受气体的压力——气体的压强也随之增大。当气体体积膨胀时，情况恰好相反。

当气体容积保持不变，温度升高时，由于气体分子运动速度增加，所以单位时间内气体分子碰撞器壁的次数增多了，同时每次碰撞器壁的作用也增大了，因此气体压强也随温度升高而增大。

2．压强计：量度气体压强的仪器叫做压强计，又叫气压计。

测量气体的压强，一般采用下面的两种压强计。



图 6—4—1



图 6—4—2
曲管气压计

(1) 水银压强计：最早测量大气压强的方法是拿一根长约 1 米的一端封闭的玻璃管，灌满水银，然后用食指堵住开口的一端，把管倒立在水银槽里（如图 6—4—1 所示），放开食指，管里的水银面就下降，降到管里的水银面比槽里的水银面高大约 76 厘米为止。如果倾斜玻璃管，虽然管里的水银多了，但管内外水银面的竖直高度差仍保持 76 厘米不变。这时管里水银面上方因没有空气，是真空，作用在管外水银面上的大气压与水银柱所产生的压强相平衡，所以大气压就等于 76 厘米水银柱高。

根据这个道理制成的水银压强计有很多种，最简单的是用弯曲玻璃管制成的水银压强计，叫曲管气压计。它的长臂是封闭的，短臂是开口的，长臂是水银面的上方真空。如图 6—4—2 所示。

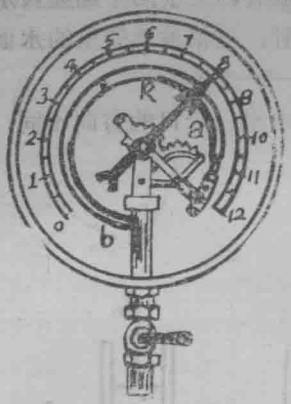


图 6—4—3
金属压强计

(2) 金属压强计：这是工业上常用的一种压强计，其结构如图 6—4—3 所示，这种压强计的主要部分是一个弯成环状的截面为卵圆形并具有韧性的金属管 R。它的自由端 a 是封闭的，固定端 b 与被测气体的容器相连通。从容器进入金属管的气体（或蒸气）的压强使金属管改变弯曲程度，其自由端 a 就移动，并推动齿轮使指针偏转，从刻度盘上可直接读出被测气体（或蒸气）的压强。它刻度的单位通常用大气压。

§6—5　液体对压强的传递　水压机

1．液体对压强的达递：我们知道，平时不用的消防水龙带是扁的，当水龙带接到自来水龙头上，灌满了水时，水龙带就变成圆柱形了。如果壁带上有小孔，那么，水就从小孔里喷射出来。

为了解释这个现象，我们可以作这样的实验。

取一个壁上有许多小孔的空心金属球，球上接一个圆筒，筒里装上一个活塞。把水从筒

里灌进球内，再往下压活塞，这时水就从球壁上的小孔喷射出来（图6—5—1）。这个实验表明，液体能够把它所受到的压强向各个方向传递。

水龙带被满水后变成圆柱形，并从小孔里往外喷水，就是由于自来水龙头打开后，龙头里的水用很大的压强压在带里的水上，这个压强又被带里的水传递到带壁上的结果。

液体各方向传递压强是否相等呢？我们再做一个实验来说明。

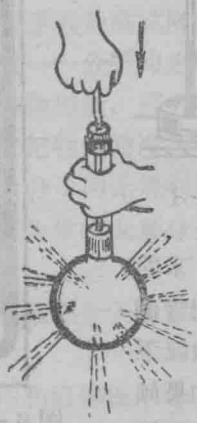


图6—5—1 液体传递压强

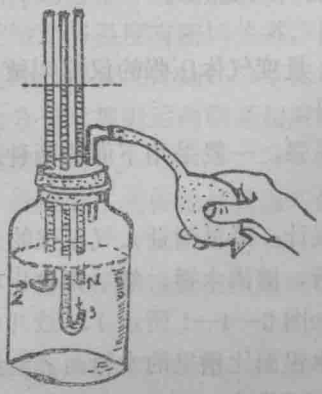


图6—5—2

在玻璃瓶里装上大半瓶水用塞密封住瓶口，在塞上装有四根玻璃管，三根的下端插入水里，另外一根不插入水中，并外接上一个打气球。用手挤压打气球时，三根玻璃管里的水面就上升，从实验结果可以看出三管水面上升的高度是相同的（图6—5—2）。

压缩空气对瓶里水面产生的压强，由水传递到三根管口。由于水里三管口的方向不同，而管内水面上升的高度却相同，可见液体向各个方向传递的压强是相等的。而且可以证明，液体向各个方向传递的压强就等于外力加在液体上的压强。这就是液压传递原理（又叫帕斯卡定律）。

根据这个原理，在图6—5—3所示的连通器中，小活塞A的面积为S_A所受力为f_A若大活塞B的面积S_B为小活塞面积的5倍，即$S_B=5S_A$时，那么，当平衡时（两个活塞在同一水面上时）大活塞B所受力f_B为小活塞所受力f_A的几倍呢？

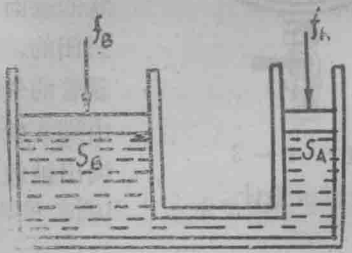


图6—5—3

因 $P_A=P_B$ 而 $P_A=\frac{f_A}{S_A}$ $P_B=\frac{f_B}{S_B}$

即 $\frac{f_A}{S_A}=\frac{f_B}{S_B}$

所以 $f_B=\frac{S_B}{S_A}f_A=5f_A$

2．水压机：水压机就是根据液压传递原理制成的。水压机（或油压机）的简单结构原理如图 6—5—4 所示。它有大小两个圆筒，下部用管道连通。两圆筒里都装有紧密的活塞。当压下小活塞 A 时，小活塞对液体的压强，由液体传递给大活塞 B，把活塞压出去。因为传递的压强大小不变，所以大活塞 B 的面积是小活塞 A 的多少倍，那么作用在大活塞 B 上的力就是作用在小活塞 A 上力的多少倍。

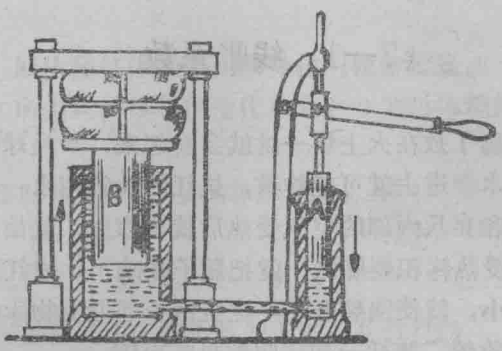


图 6—5—4

水压机（或油压机）在工业用途极广，可用来榨油、压纸浆、压胶合板、举起重物（千斤顶）、锻压工件等。大型水压机可用来锻造大型的锻件。上海江南造船厂的一万二千吨水压机就是我国自行设计制造的。

第七章　物体的热膨胀

§7—1　线胀系数

我们都知道，一个皮球瘪了放在火上烘一烘就会鼓起来，乒乓球瘪了用热水烫一下就会变圆起来了，一个瓶子用开水灌进去就可能炸破，烧红的铁锅用水一浇，就可能崩裂，这是什么缘故呢？这是因为皮球和乒乓内部的空气受热后就要膨胀，就使得皮球和乒乓球鼓起来了，瓶子灌开水，瓶子内层受热体积要膨胀，就把瓶子胀破了。烧红了的铁锅浇上水就使碰上水的部分变凉，体积就缩小，就使锅裂开了，这些例子都说明物体(包括气体液体和固体)受热就要膨胀，受冷就要收缩，概括一句话叫做热胀冷缩。

实验证明，各种物体受热时，它们的膨胀程度是不同的，固体有一定的形状和线度（如球体有一定的直径，钢梁有一定的长、宽、高等）固体受热时在某一方向上长度的变化叫做线膨胀。

例如：铜杆在0℃时长度 $L_0=2$ 米，100℃时 $L_t=2.0034$ 米，100℃时铜杆伸长量 $L_t-L_0=2.0034-2=0.0034$ 米

每升高1℃铜杆的伸长量为 $\dfrac{L_t-L_0}{t}=\dfrac{0.0034\text{米}}{100\text{度}}=0.000034\text{米/度}$

此伸长量与原长之比为 $\dfrac{L_t-L_0}{tL_0}=\dfrac{0.000034\text{米/度}}{2\text{米}}=0.000017\dfrac{1}{\text{度}}$

称为铜的线胀系数。

物体由于温度上升1℃所增加的长度和0℃时长度的比，就叫做该物体的线胀系数。

以 α 表示，则　$\alpha=\dfrac{L_t-L_0}{L_0t}$。

下表列出一些固体材料的线胀系数：

材　料	$\alpha\left(\frac{1}{\text{度}}\right)$	材　料	$\alpha\left(\frac{1}{\text{度}}\right)$
熔凝石英	0.0000004	钢	0.000011
殷钢(铁镍等合金)	0.0000015	铁	0.000012
铂	0.000009	铜	0.000017
玻璃	0.000010	黄铜	0.000019
水泥	0.000014	铝	0.000024

如果知道了物体在0℃时的长度和它的线胀系数，就可计算温度t时的长度，由$\alpha=\frac{L_t-L_0}{L_0 t}$得到$L_t=L_0+L_0\alpha t$或$L_t=L_0(1+\alpha t)$。

§7—2 体胀系数

当温度升高时，固体、液体和气体的体积的变化叫做体膨胀。

物质由于温度升高1℃所引起的体积的变化和它在0℃时体积的比，就叫做物体的体胀系数。

设0℃时体积V_0，t℃时体积V_t，β为体胀系数，则

$$\beta=\frac{V_t-V_0}{V_0 t}\left(\frac{1}{\text{度}}\right)。$$

各种气体体胀系数如下表：β(1/度)

氢	氦	氧	氮	空气	二氧化碳	氨	二氧化硫
0.00366	0.00366	0.00367	0.00367	0.00367	0.00373	0.00380	0.00385

可见一切气体（在压强不变时）体胀系数都相等，$\beta\doteq0.00366\doteq\frac{1}{273}$(化合物略大)。

各种液体体胀系数如下表：β（1/度）

水银	0.00018	石油	0.0010
水(20左右)	0.00021	煤油	0.0010
橄榄油	0.00050	酒精	0.0011
硫酸	0.00056	乙醚	0.0017

上表中应该注意水是在20℃左右的体胀系数。应该说明，物体热胀冷缩也不是绝对的，水在4℃以下就恰恰相反，是冷胀热缩，4℃时体积最小，当温度逐渐降低时，4℃的水密度最大，沉于容器下部，上部先结成冰，当冰下的水由4℃温度下降时，就会将容器胀破，冬天水能将水缸胀破就是这个道理，汽车、拖拉机等的水箱，在冬天夜里不用时都要放水，以免胀破水箱。

各种固体体胀系数　$\beta=3\alpha$。

应该说明并非一切固体都有上述关系，对于某些在各方面膨胀不一样的物体就不能适用。

如木头在顺纤维方向和横纤维方向膨胀就不一样，某些晶体（如冰晶等）在各方面的膨胀也不一样，但我们工业上接触到的各种金属是符合上述关系的，可将第一节中线胀系数表中各材料乘3即为体胀系数。

由体胀系数公式可得　$V_t=V_0(1+\beta)$。

即为物体在某一温度下体积的公式。

由上列三表可见，固体膨胀较小，液体膨胀居中，气体膨胀较大。

需要学习资料请访问：www.cntongbook.com

§7—3 热膨胀在生产技术上的应用

物物由于热胀冷缩，便会产生巨大的破坏力，我们在第一节中已经举了些例子，如玻璃瓶子灌开水就可能炸破，烧红的铁锅浇凉水就可能崩裂等，说明由于物体各处的冷热不均匀产生巨大的力量使物体破坏。

热膨胀现象在工程技术上尤其重要，如铺设铁轨时，在接头的地方要留一段空隙，以免夏季炎热时铁轨伸长将铁道拱起，长的铁桥也只是一端固定，另一端可以自由伸缩。通蒸气的导管上也要装上弯曲的管子——伸缩管，图7—3—1，以免在导管伸缩时损破锅炉或其他设备。



图7—3—1

对不同物质的结合体，热胀冷缩问题尤其要考虑，如金属焊入玻璃中（例如灯泡，电子管等）金属烧入陶瓷中（例如密封的电阻电容等元件）都要使它们的线胀系数相同或相近，以免金属受热时将玻璃或陶瓷胀破。建筑工程上的钢筋和水泥，日常用的搪瓷碗和脸盆，都需要考虑热膨胀问题。

某些半导体元件，由于半导体材料锗或硅等与外壳（钢或铜）的线膨胀系数不同，因此不能直接焊接，否则就会使硅或锗等崩裂，从而使元件报废。



图7—3—2

热胀冷缩虽然害处很大，我们只要掌握了它的规律就可以设法避免，另一方面，我们也可以利用它为工农兵服务，下面我们举三个例子。

一、温度计：常用的温度计就是根据物体热胀冷缩这个现象制成的，经常应用的有水银温度计，酒精温度计等。

水银温度计，是用一种管孔非常细小和均匀的玻璃管制成的，管的下端有一个圆柱形的玻璃泡，内中装满水银，当泡加热到超过开水的温度，由于水银膨胀大大超过玻璃泡，水银就从管的上端流出去，这时把管口封闭，等到冷了的时候，水银收缩，使管的上部形成真空，把它放到开水里，水银便升到一定的位置，这时在玻璃管上刻上一划，并标明100，再把它放到冰水里，水银降到一定位置，这时再刻上一划并标明0，把0和100之间分成一百等分，每一等分叫做1度。0以下，100以上再以这样的等分继续分下去，就是我们经常用到的水银温度计，如图7—3—2。如果将水银换酒精，就是酒精温度计。

把水的结冰温度（冰点）作为0度，沸腾的温度（沸点）作为100的分度法叫做摄氏温标，常用字母C来表示，例如说水的冰点为0℃。

还有一种温标叫做恺氏温标（或绝对温标）以字母K来表示，它也是把水的冰点与沸点之间分为100等分，只是它的零度定为摄氏温标的零下273度，因此水的冰点为273°K，水的沸点为373°K。

总之，恺氏温标减273即摄氏温标，

摄氏温标加273即恺氏温标。

二、双金属片：双金属是用两种线胀系数不同的金属片焊镶在一起而制成的，如图7—3—3。当温度变化时，由于两种金属线胀系数不同，双金属片便会改变形状。因此，利用它可以制成许多自动化的装置，如自动调节温度的装置，温度调节器，图7—3—4，将双金属片一端固定，另一端随温度的变化向上（或向下）弯曲，调节螺旋A即可与双金属片接触，使电路接通，炉丝开始供热，使温度升高，双金属片受热向下弯曲，离开A使电路断开，停止供电，温度逐渐降低时，双金属片冷却又回到原位，使电路接通，这样就可以自动的保持恒定的温度。

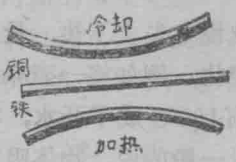


图7—3—3

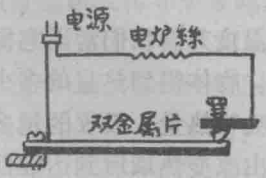


图7—3—4

三、技术上某些“紧配合”工艺，也常利用热膨胀现象，例如火车车轮的轮箍，就是把轮箍加热后套在车轮上，冷却后就会紧紧箍在车轮上。有时为了使滚珠轴承与轴之间不相对滑动，而把轴承用油煮热后再套在轴上冷却后轴承便紧套在轴上。

最后还要谈谈热胀冷缩现象对精密测量是有很大影响的，例如卡尺、千分尺等量具本身就会发生变化，从而影响精密度，为了减少这种影响，各种精密量具都要用膨胀系数小的材料（如殷钢）来制造，并且要在恒温室内测量，被测物品也应早些时间拿到恒温室中去。

第八章　热量及测量

§8—1　热量及其单位

一个物体温度升高我们常说它得到了热，温度降低就说它失去了热，量度这个“热”的多少就叫热量。物体得到热量的多少首先反映到温度的变化，例如将一壶凉水放到火炉上，它就会从火炉吸收热量，吸收的越多温度就越高，最后到100℃成了开水，将一块铁放在火炉中，铁就会由凉变热最后到达数百度而烧得通红，所以一般的说，物体吸收的热量越多它的温度就越高，但是吸收热量的多少不能仅仅用温度高低来判断，例如我们用一根火柴就可以把一根针烧红，也就是说，这针已达到数百度的温度，但是它所吸收的热量却是很有限的。这说明吸接热量的多少还和这物体的质量有关。

为了测量和计算吸收热量的多少，规定把1克的水温度升高1℃所需的热量选作热量的单位，叫做卡路里，简称卡。

根据这个规定，1千克的水温度升高1℃所需要热量是1千卡。

例：把1斤开水冷凉到20℃放出多卡热量？

根据卡的定义，1克水降1℃放出1卡热量，1斤水降1℃放出500卡，

现从100℃降到20℃共降 $100-20=80$ 度，

所以放出 $500\times80=40$ 千卡热量。

§8—2　热量的传播

热量传播的方式有三种，即对流、传导、和辐射。

对流主要指汽体和液体流动而传热的现象，如在一个房子里生起火炉，靠近火炉的冷空气首先受热，体积膨胀比重减小而上升，周围的冷空气就流来补充，这些空气受热以后又上升，如此循环流动，将热量传到房子各处。用壶烧水也是类似情况，首先是靠壶底部分的水受热膨胀而上升，周围的流来补充，如此循环不已，使整个壶内的水温度不断上升。地面上各处受太阳照射，沙洲比森林容易晒热，陆地比海洋容易晒热，由于各处的温度不同，温度高处气流上升，冷处沿地面补充空位，就形成了风，由于风的流动形成对流传热。

把金属调羹（汤匙）放在热汤里，调羹的把很快就烫手了，这说明虽然金属各部分并没有相对移动（没有对流），但仍能传热。热量在物体内部虽然从一部分传到另一部分，但物体内部的物质并没有移动，这样的传热方式叫做传导。

我们把电炉放在玻璃罩中，并把它抽成真空，当电炉通电后，我们仍感觉有热量传出来，这种传播既没有气体或液体的对流，又没有物质的直接传导，说明热量可以由物体直接射出而沿直线向周围传播，这种方式叫做辐射，我们知道太阳和地球之间是有很长一段“真空”空间的，太阳的热大量的传到地球上，既不是对流更不是传导，就是靠辐射的方式

传播的。

三种方式都经常碰到，现在我们着重研究一下热传导的问题。我们知道蒸汽机，汽轮机都要碰到锅炉，锅炉就是靠炉壁和管道传热以加热水和蒸汽。在电器上很多仪器和元件都加装散热器，利用热传导向大气中散热。很多加热炉。恒温炉等要考虑保存热量，隔绝热量的传导，都要研究热传导问题。

用铁锅烧水，炉火就通过铁锅向水传导热量，根据经验知道，要烧开一锅水，首先需要时间，也就是说传导热量的多少△Q与时间△t成正比，其次决定于炉火的温度，也就是说决定于锅里外两面的温度差△T，在同样的时间内，温度差越大传导热量越多。第三决定于锅的厚薄△，锅厚烧水慢，说明△Q与△x成反比。第四决定于传热面积△S，加上一个炉圈盖，传热面积△S减小了，传导的热量也就减少了，说明△Q与△S成正比。所以得到

$$\Delta Q = K\frac{\Delta T}{\Delta X}\Delta S\Delta t$$

K为比例系数，仅与物质有关，相当于厚度为1厘米，温度差为1℃时通过每平方厘米面积在每秒钟内传导的热量(卡)。称导热率（或导热系数）单位为卡/厘米·秒·度。工程上常用较小单位，千卡/米·小时·度。1卡/厘米·秒·度=360千卡/米·小时·度。

各种物质导热系数（千卡/米·小时·度）

银	360.3568	水	0.50484	花岗岩	1.8929
铜	333.695	酒　精	0.15653	混凝土	0.6582
金	254.572	火　油	0.12987	铅玻璃	0.5162
铝	174.588	氢　气	0.13680	砖砌物	0.3502
锡	56.5046	氧　气	0.02005	压紧棉(或毛)	0.0361
铁	53.3265	空　气	0.01919	硅藻土与石棉混合	0.062—0.083
钢	41.7119	水蒸气	0.01867	硅藻土制砖	0.057—0.093

可见金属导热性能良好（银、铜等最好），多作为导热材料。

石棉、砖、玻璃、棉、毛等导热性能差，多作为绝热材料。

液体气体等如能阻止它的对流（如死空气），也是很好的绝热材料。

§ 8—3　比热热容量

第一节我们看到，物体吸收热量的多少不仅与温度升高有关，而且与其质量有关，质量越大，温度升高的越多，吸收热量也越多，那么相同质量的两种物质，升高同样的温度，吸收的热量是否相同呢？根据实验测得是不同的，如将质量相同的铅块、铜块和铝块等放在水中煮到100℃，然后分别将它们投入盛有相同质量的水的三个容器中，就会发现三个容器中的温度是不相同的。投入铝块的容器温度最高，投入铜块的次之投入铅块的较低，说明三种物质虽然质量相同，但是每降低1℃所能放出的热量是不相同的，反过来说对相同质量的不同物质，每升高1℃所吸收的热量也是不同的，因此规定1克物质，温度升高1℃所需的热量，叫做那种物质的比热。比热的单位就是1克物质升高1度所需的卡数，写作卡/克度。

各种物质的比热C(卡/克度，或千卡/千克度)

铂	0.03	锡	0.06	镍	0.11	冰	0.50
铅	0.03	铜	0.091	玻璃	0.15	煤油	0.51
金	0.03	黄铜	0.093	砖	0.20	乙醚	0.56
水银	0.033	锌	0.094	铝	0.21	酒精	0.58
银	0.05	钢铁	0.11	油	0.40	水	1.00

知道了物质的比热 C，称出它的的质量 m，量出它的温度变化(t_2-t_1)，就可以知道，它吸收（或放出）多少热量，这就是测定热量变化的方法。

1 克物体升高 1 ℃ 吸收热量 C 卡，

m 克物体升高 1 ℃ 吸收热量 mc 卡，

m 克物体升高(t_2-t_1)℃ 吸收热量 $mC(t_2-t_1)$卡。

因此使 m 克物体由 t_1℃升高到 t_2℃ 所需的热量

$$Q=mC(t_2-t_1)。$$

如果温度降低(即 $t_2<t_1$)则物体放出热量

$$Q=mC(t_1-t_2)。$$

乘积 Cm 表示物体升高（或降低）1 ℃所吸收（或放出）的热量称为物体的热容量。

§8—4 热平衡方程式

几个物体的温度如果不同，那么它们之间就要进行热量转移，温度较高的物体把热量转移给温度较低的物体，直到各物体温度相同为止。根据能量守恒原理，如果热量没有变成其他形式的能量，其他形式的能量也没有变成热量，那么，温度高的物体所放出的热量一定等于温度低的物体所吸收的热量。

现在应用上述规律来研究两种温度不同的液体的混合，，设m_1，C_1，t_1 表示温度较低液体的质量、比热和温度，设 m_2，C_2，t_2 表示温度较高的液体的质量、比热和温度。混合后的温度为 θ。

温度较高的物体所放出的热量 $Q=C_2m_2(t_2-\theta)$

温度低的物体所吸收的热量 $Q=C_1m_1(\theta-t_2)$

根据能量守恒二者应该相等，则

$$C_1m_1(\theta-t_1)=C_2m_2(t_2-\theta)$$

上式称为热平衡方程式，根据上式就可以测量某些量，计算未知量。

例 1 种植棉花时为了消灭病虫害，和促进棉种及早发芽，采用温水浸种，“两热对一凉”（即两担热水对一担凉水）设热水为95℃凉水为10℃，求混合后的温度。

设混合后为 θ℃，每担水质量为 m（水之比热为 1 卡/克度）

热水放热 $Q=2m\cdot C\cdot(95-\theta)$

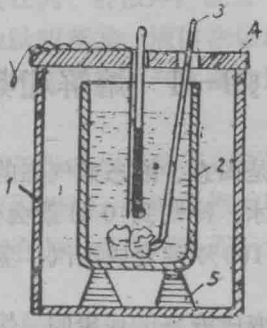
凉水吸热 $Q = m \cdot C \cdot (\theta - 10)$

$\therefore 2m \cdot (95 - \theta) = mC(\theta - 10)$

$2(95 - \theta) = \theta - 10$

$\therefore \theta = 66.7℃$

例2　在科学实验上为了精确测定热量变化，就不能忽略容器的吸热(或放热)，并在容器外再套上一个较大的容器，以尽量减少与外界的热的交换，这种装置称为量热器，如图8—4—1设已知量热器内杯和搅拌器由黄铜做成，总质量100克，内有14℃的水400克，投入82.6℃的铁块200克，水温升高17.5℃，求铁的比热。



1．外壳
2．量热器筒
3．搅拌器
4．木盖
5．木垫

图8—4—1

铁块放热 $Q = 200 \times C \times (82.6 - 17.5)$

水吸热 $Q_1 = 400 \times 1 (17.5 - 14)$

量热器、搅拌器吸热 $Q_2 = 100 \times 0.093 \times (17.5 - 14)$

$\because \quad Q = Q_1 + Q_2$。

$200C(82.6 - 17.5) = (400 + 100 \times 0.093)(17.5 - 14)$

$\therefore C = 0.11$卡/克度。

§ 8—5　热功当量

由功产生热和由热产生功的例子很多，我们先看几个由机械能作功而产生热的情况。

用锤子打铁块，锤子打在铁块上之后运动停止了，它的一部分动能变成了热，使铁块和锤子的温度都升高了。一切机器的滑动和滚动部分都有摩擦，都要消耗机械能，消耗的能量就变成了热，所有车轮的轴都因摩擦而发热，锯、钻、刨、斧等在工作时都要发热，用砂轮摩刀时，就会迸出火花，甚至使刀变红。由此可知，在一切有阻力的运动中，动能或功的一部分就要转变成热。

另一方面，热也可做功，太阳的辐射照热了地面上的水和空气，使水汽和空气受热而上升。就形成了大气里的上升气流，上升气流就是形成风以及使水在地球上循环的原因。风和水流的动能就是由太阳光的热转变而来的。

同样蒸汽机和内燃机可以不断地使热产生出动能而作功，功和热到底有什么数量关系呢？或者说产生1卡的热需要多少功呢？这个数值叫做热功当量 $J = \frac{\text{功}}{\text{热}} = \frac{W}{Q}$

经过无数实验量得，$J = 4.186$焦耳/卡

或者写为 $J = 427$克重米/千卡

在自然界里，经常进行着机械能和热能的相互转换，这些转换是在一定的条件下进行的，4.186焦耳的功和1卡的热量相当，热能和机械能同样不能凭空产生也不能消灭，只能从一种形式转变为另一种形式，这就是普遍的能量守恒定律。