

# 物 态 浅 说

朱 振 和

## 一、传统的说法——物质有三态

物态是指物质在一定条件下所处的相对稳定的状态。按传统的、经典的观点,物质有三态:固态、液态和气态。当组成物质的原子或分子由于相互作用力的约束,只能围绕各自的平衡位置作微小振动时,表现为固态,固体在一定条件下能够保持一定的体积和形状;当分子或原子运动得比较剧烈,使其没有固定的平衡位置,可以作长程的漂移,但还不致分散远离时,表现为液态,液体在一定条件下能保持一定的体积,但不能保持其形状,液体的形状由容纳它的容器来决定;如果不但分子或原子的平衡位置没有了,而且能在空间作自由运动,能够互相分散远离,就表现为气态。

## 二、凝聚态的提出

实际上,固态和液态之间往往没有严格的界线。固体分为晶体和非晶体。晶体有确定的熔点;非晶体却没有确定的熔点,而是有一个从固态软化为液态的温度范围(称为软化温度)。当非晶体处在它的软化温度范围内时,无法说出物质是处于固态还是液态。

此外,胶体也是介于固态和液态之间的一种中间状态。

电流变液 在通常条件下是一种悬浮液,

它在电场的作用下可发生液体-固体的转变。当外加电场强度大大低于某个临界值时,电流变液呈液态;当电场强度大大高于这个临界值时,它就变成固态;在电场强度的临界值附近,这种悬浮液的粘滞性随电场强度的增加而变大,这时很难说它是呈液态还是呈固态。

固体分为晶体和非晶态固体,晶体和非晶体的特性不同的基本原因是组成物质的原子、分子空间排列的有序和无序。常见物质的固、液、气三态的转变,就是构成它的原子、分子空间排列的有序-无序的变化。

在气态,分子的空间位置是完全无规的,分子可以在空间自由运动,这是一种高度无序的状态。

晶体结构是长程有序的,也就是说,构成晶体的原子在整个空间(或者至少在一个长距离的宏观范围内)的排列是有规则的、周期性的,整个晶体可以看做是一个小单位——元胞的周期性重复。

非晶体是长程无序,短程有序的,也就是说,在非晶体中一个宏观的范围内,原子的空间排列是不规则的,但是在每个局部,在几个或十几个原子间距的范围内,却常常仍有一定程度的规则排列。在液体中,原子的空间排列同样是长程无序,短程有序的。

尽管非晶态固体的原子被固定在空间某点

中央民族大学物理系 北京 100081

了一条专门的领带,上面各设计了一种特定的氨基酸。其联系不像伽莫夫所预期的那么直接:DNA成就了RNA, RNA做出了氨基酸,但编码不是一一对应的。伽莫夫在1954年写给《自然》的题为《DNA和蛋白质结构之间的可能的关系》的通讯,对这一改变了我们当今生活的课题进行了首次论述。

这篇DNA手稿将汤普金斯先生列为合作

者,但这次却是编辑老爷将汤氏的名字抹掉了。后来,可能是为了给汤氏一些补偿,伽莫夫在他所写的一系列科普书中,总有一位神秘的汤普金斯先生在探索世界奇妙。当然,即使没有创造出汤普金斯这么个角色,伽莫夫本人也算是20世纪一位最机智、最有趣的科学家了。他是一个总能很快地抓住大问题的人。

(编译自《Nature》2000年第6777期第437页)

附近,而液体中的原子能够漂移,可是液体和非晶态固体还是极为相似的,因此人们有时把非晶态固体称为过冷液体.如果能获得非晶体内原子排列的瞬时图像,那么它将和在液体中得到的瞬时图像相同.因此,这两种物质可以用同样的数学形式来描述.

所以,从物质结构之有序-无序的角度来看,非晶态固体应该和液体归为一类.晶体和非晶体才是性质截然不同的两类物质.

液晶可以流动,似乎是液态物质;然而液晶分子的空间排列具有长程有序性,导致液晶具有晶体的某些特性,所以不能简单地把液晶归入液态或固态.事实上,液晶相是某种物质从固相转变到液相或从液相转变到固相过程中的一种中间相.

综上所述,把物态划分为固态和液态不是很准确、很科学的.于是人们又把固态、液态和介于两者之间的各种状态,以及只有在低温下才存在的特殊量子态(如:超流态、玻色-爱因斯坦凝聚),还包括稠密气体的物态统称为物质的凝聚态.物质的气态则专指稀薄气体的物态.凝聚态和气态的基本区别是:凝聚态物质中的粒子(原子、离子、分子)间存在相互作用;气态物质分子间的相互作用非常小,近似地可以忽略不计.

### 三、 等离态和超固态

气态和凝聚态并没有完全包括物质所有的状态,有人提出,除此之外还应该增划等离态和超固态这两种物态.

当气体分子的能量进一步增大,分子运动更加剧烈时,气体分子高度电离成正离子和电子的混合集团,这种状态称为等离态.等离态的严格定义是:含有足够数量的自由带电粒子,有较大的电导率,其运动主要受电磁力支配的物质状态.等离体由带正电的离子和带负电的电子,也可能还有一些中性的原子和分子所组成,粒子在两次碰撞之间在空间作长程运动;其空间位置是完全无规的.

当压强超过  $10^{24}$  巴, 密度超过  $10^{11} \sim 10^{12}$  克/厘米<sup>3</sup>时,原子结构被破坏,原子外围的电子

壳层被挤压到原子核的范围,这种状态称为超固态.超固态又可分为性质完全不同的中子态和黑洞,在宇宙空间中已经观察到了这两种物态的存在.

当核外电子被挤压进原子核内,与核内质子结合成中子时,物质形成简并中子气状态,称为中子态.脉冲星是一种发射出短周期电磁波脉冲辐射的天体,宇宙间已经发现了几百颗脉冲星,普遍认为它们是旋转着的中子星,中子星的物态就是中子态.

一个原先质量为  $4 \sim 8$  个太阳质量的恒星,在演化过程中当其内部燃料耗尽,核反应停止后,会发生引力坍缩而形成简并中子气状态,这种简并中子气的压强有可能与引力收缩作用达到平衡,这时就形成中子星.在恒星坍缩形成中子星的过程中要发生“爆发”.当它猛烈收缩时,巨大的引力势能被释放出来,把恒星的外壳掀掉,向星际空间抛射出大量物质,这就是所谓的“超新星爆发”.爆发后剩余下来的核心部分质量若大约为  $1.4 \sim 2$  个太阳质量,则形成中子星;若坍缩中心核的质量超过太阳质量的 2 倍,则可能变成黑洞.

黑洞的密度比中子星的密度大得多,在黑洞内引力非常强,任何物质(包括光)都不能从中逸出,而外界的物质却能被吸入其中.因此无法观测到来自黑洞内部的辐射,但是黑洞与外界仍有引力作用,可以通过引力场探测黑洞的存在.

### 四、 新的说法——物质有六态

当等离体被彻底电离时,核外电子完全被剥离,形成原子核和电子的混合集团.这时如果等离体的能量继续增加,就可能导致原子核也分裂为(基本)粒子,形成另一种物态.物质形成由粒子组成的粒子气状态,称为粒子态.

真空中的电磁波,亦即光子气,是自然界中常见的一种物质,它的物态应该属于粒子态.除此以外,在自然界中很难见到粒子态,但是在实验室中有可能在小范围短暂的时间内制造出粒子态.例如,将一团氢气中的氢分子完全离解和电离,就形成了由质子和电子组成的粒子态.

现代物理知识

# 她用物理的情趣 引我们科苑揽胜 她用知识的力量 助我们奋起攀登

《现代物理知识》2001年改为大16开 64页

双月刊，邮发代号 2-824，国外代号 BM609

当我们从 20 世纪物理学的辉煌背景下，迈步跨越崭新纪元的时候，科技形势的发展和知识创新体系的建立，对我国期刊出版事业尤其是科普工作提出了更高的要求。为了与当前我国各类期刊的总体发展趋势协调一致，同时也是为了增大科技信息量、缓解稿件的积压问题，《现代物理知识》杂志将从 2001 年第 1 期起由原 16 开本变更为大 16 开本；页码由 48 页增加到 64 页。这两种变更项目已先后获得中国科学院出版图书情报委员会和北京市新闻出版局的批准。

新世纪的《现代物理知识》，将以崭新的面貌同喜爱她的广大读者相见。外表的改观仅仅是一个方面，内容的精美则是我们更为看重的。她将是洋溢着科学芬芳的通幽小径；她将是蕴藏着知识魅力的启迪之门；她更是凝聚着物理情趣的刊林风景。如今，她很受喜爱；将来，她更加迷人！

新世纪的《现代物理知识》，继续设有物理知识、物理前沿、科技经纬、教学参考、中学园地、科学源流和科苑快讯这 7 个栏目，还增设科学随笔栏目，以供科技和教育工作者以及物理学爱好者抒发科学情怀、畅谈研习科学或欣赏科学的感受，也让大家介绍一些能展现科学风采的趣闻轶事。热烈欢迎各界作者为这些栏目尤其是新栏目撰稿，写出最新最美的文字。

根据科学出版社和印刷厂的成本预算，改为大 16 开 64 页的《现代物理知识》，定价每期 7.00 元，全年 6 期 42.00 元。直接到《现代物理知识》编辑部订阅 2001 年杂志的读者，除了免去邮资之外，还赠送 1 本 2000 年增刊(或 1996 年增刊或 1994 年增刊，请在汇单上注明)。

在邮局漏订或需要过去杂志的读者，请按下列价格汇款到《现代物理知识》编辑部(100039，北京 918 信箱)补订。

1992 年合订本，18 元；1993 年合订本，18 元；1995 年合订本，22 元；1996 年合订本，26 元；1993 年增刊，8 元；1994 年增刊，8 元；1994 年附加增刊合订本，36 元；1996 年增刊，15 元；1997 年合订本，30 元；1998 年合订本已售完，尚有 2—6 期单行本，每本 3 元；1999 年合订本，32 元；2000 年附加增刊合订本，38 元；2000 年增刊，10 元；《费恩曼传》，25 元；《微观新奇》，12.50 元；《场中迷梦》，10 元。以上所列，均含邮资或免邮资。

粒子态往下一个层次的物态应该是粒子分解成夸克而形成夸克气的态，称为夸克态。由

于在实验中尚未发现自由夸克，因此夸克态是否存在尚有待实验的证实。