

高等教育机械类自学考试教材

普通化学

何培之 编

西安交通大学出版社
光明日报出版社

高等教育机械类自学考试教材

内 容 提 要

本书是根据《机械类自学考试大纲》的要求，参照《机械类自学考试教材编写大纲》编写的。

普 通 化 学

本书是根据《机械类自学考试大纲》的要求，参照《机械类自学考试教材编写大纲》编写的。

本书是根据《机械类自学考试大纲》的要求，参照《机械类自学考试教材编写大纲》编写的。

西安交通大学自学教材编写组

本书是根据《机械类自学考试大纲》的要求，参照《机械类自学考试教材编写大纲》编写的。

何培之 编

西安交通大学出版社

光明日报出版社

内 容 简 介

本书是根据1980年颁布的高等工业学校80学时普通化学教学大纲的基本要求编写的自学考试教材。

全书共分十二章。内容包括化学反应的基本规律；物质结构近代理论的基础以及化学物质的组成、结构和性质间的关系；元素单质及重要无机和有机化合物性质及其在机械工程技术中的应用。编写时，根据先宏观、后微观，由浅入深，循序渐进的原则安排内容，力求适合自学的特点和要求。每章附自学指导、自我测验题和答案，便于读者自己检查掌握程度。

本书供具有中专或高中毕业生有志于自修机械类专业，希望获取大学本科毕业证书的读者使用，也可作为一般工科院校、师范院校、电视大学、职工大学、函授大学等的教材或教学参考书。

本书编写组成员为谢启新、黄德琇、何培之，由何培之编写，谢启新、黄德琇审阅。

普 通 化 学

西安交通大学自学教材编写组

何 培 之 编

西安交通大学出版社 联合出版

光明日报出版社

西安交通大学出版社印刷厂印装

陕西省新华书店发行 · 各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/16 印张: 20.75 插页1 字数: 496千字

1984年8月第一版 1985年6月第一次印刷

印数: 1—10,000册

统一书号: 13340·007

定价: 3.30元

高等教育机械类自学考试教材

序 言

《中华人民共和国宪法》中明确规定国家鼓励自学成才。为此，教育部制订了一项崭新的高等教育自学考试制度，它为有志学习而没有机会进大学的人开辟了广阔的学习途径，也为造就和选拔社会主义现代化建设的合格人才开辟了广阔的途径。

一九八三年，教育部决定成立全国高等教育自学考试指导委员会机械类专业委员会，机械类专业的自学考试工作即将在全国广泛展开。为此，首先需要有一套适合于自学的教材。这套高等教育机械类自学考试教材，就是适应这个需要而编写的，它适合于机械类专业自学使用。作为第一步，我们先编出《高等数学》《物理学》《普通化学》《理论力学》四门课的教材。其他课程的自学考试教材也将陆续组织编写和出版。

本丛书各本教材的内容都按照高等学校机械类专业的教学大纲编写，同时根据这套教材的性质，努力在便于自学方面下功夫。和目前高等学校使用的教材相比，它除了有必要的指导自学的内容之外，基本概念的阐述更为细致、说明更为详尽，例题数量较多，还编入了丰富的复习思考题和作业。

这套教材中各本书的编者，我们都约请有较高学术水平并长期从事该课程教学，有丰富实践经验的同志担任。希望它的出版对广大有志于在机械类专业方面自学和深造的同志能有一定的帮助，祝愿这些同志循序渐进、锲而不舍，早日掌握先进的科学知识，为社会主义现代化建设作出更大的贡献。

全国高等教育机械类自学考试指导委员会主任

史 维 祥

一九八四年六月

致 读 者

化学是历史悠久的科学，它的萌芽知识可以追溯到数千至数万年前。但是，化学成为一门独立的科学，还只有三百多年的历史。随着人类对物质性质和结构认识的深入，制备和分析手段的提高和完善，化学获得了飞跃的发展，深刻地改变了人类生活的面貌，并大大地推动了工农业生产的发展。今天在新技术革命中起重要作用的高分子材料；半导、超导和激光材料；空间推进剂和航天材料以及原子能和电子计算机等，在很大程度上利用了化学所提供的知识和手段。因此，化学是推动生产和科学技术发展的一个有力的工具。

当前，人类面临亟待解决的若干重大课题，如粮食的供给、人口的控制、资源的合理利用，新能源的开发和环境的保护等，都需要化学积极参与。机械工程技术中，能源的利用，材料的制造和加工，材料的选用和保护，都和化学密切相关。现代工程技术人员必需具有一定的近代化学基础。

《普通化学》的性质和任务

《普通化学》概括而简明地论述了化学学科的基本内容——物质化学变化的普遍规律和理论以及物质的性质等。它是学习和研究化学的入门，也是化学学科和工程技术之间的桥梁。

在高等工业学校的教学计划中，《普通化学》是一门必修的基础课，是培养全面发展的工程技术人员所必需的课程。本书为机械工程专业类的学生和自学者学习和工作提供必要的化学基础。通过学习，掌握化学的基本理论、基本知识和基本技能，了解化学在机械工程中的应用；具备能运用化学观点分析和解决实际问题的一定能力；掌握正确的学习方法并逐步树立辩证唯物主义世界观。

《普通化学》的体系和内容

随着化学学科的发展，《普通化学》的内容也在不断更新。本书着重介绍最有普遍性的化学原理、概念和事实。书中有两条主要线索：一是化学变化的宏观规律，即化学反应的方向、限度，化学反应的速度和反应中的能量关系；二是物质的微观结构理论以及物质结构与性质间的关系。这两条线索在单质和化合物化学（叙述化学）部分结合起来，用以归纳、阐明单质和无机、有机化合物的性质和变化。叙述化学的知识又有助于加深对化学概念、规律和理论的理解。

全书共分十二章。一至五章从宏观现象出发，用化学热力学基础来讨论化学变化规律及能量（化学能和热能、电能）转化的规律；第六章以宏观和微观相结合的方法，讨论化学反应速度和反应历程；七至九章介绍原子、分子和晶体结构的近代理论知识；十至十一章介绍单质及若干重要无机化合物的性质和反应；第十二章讨论有机化合物的结构、性质和反应。

的关系及其应用。

本书是在中学化学基础上编写的。它在中学知识和专业知识之间,起着承前启后的作用。自学者应具有全日制中学化学所规定的基础。

每章后附有自学指导,它包括每章的教学目的和基本要求、重点和难点的学习方法、应掌握的重要概念和计算技巧等。读者要充分利用它们。

自学本书需要 72 学时,平均每学时自学四至五千字。书中用正体字排印的部分,有的是为帮助读者理解书的内容而写的,有的是为扩大知识面而写的,但都不属于基本内容。

对学习方法的建议

自学是成才的康庄大道。对自学者来说,首先要有信心、有毅力,坚韧不拔,持之以恒。正确的学习方法也是重要的,一开始就要逐步学会在阅读过程中做读书笔记,独立思考,查阅参考书,进行阶段小结,自我检查理解程度,联系实际试行分析和解决问题等这一套自学方法。我们提出以下几条建议供大家参考。

1. 循序渐进 按教材的顺序,逐章逐节地自学。在前面章节没有掌握之前,不要急于学习后面的内容。开始时进度可以慢些,以后逐渐加快。学完每章后,要把所学的内容加以归纳、小结,以巩固收获,加深理解。全书共分三个单元(一至六章;七至九章;十至十二章),每单元学完后,要总复习一遍。

2. 充分利用自学指导 根据本课程的基本要求,以各章的自学指导为依据,用粗读和精读相结合的方法,认真阅读。粗读时,只要大致了解各章各节的主要线索、基本内容和重要结论,记下难点和不懂的地方。精读时,则集中力量于基本概念、规律和原理的理解,要反复钻研,务求弄懂搞清。在正确理解内容的基础上,适当地做阅读笔记。

3. 独立作业 这是自学的一个重要环节。要在充分复习、基本掌握教材内容的前提下,不依靠教材和笔记,独立完成适量(每学时 2~3 题)的作业。每章后附有两类题目:一类是指导复习,启发思考的问题;一类是运算和综合练习的习题。它们都能帮助自学者加深对各章基本内容的理解,培养分析和解决问题的能力,训练运算技巧。

4. 自我检查 自学指导中的“自我测验题”是提供自我检查时用的。一般讲,能独立、正确地完成每章中的这套题目,可以认为已基本掌握该章内容。计算题的答案都附于题后。

目 录

第一章 化学与物质	(1)
1.1 化学研究的对象和方法	(1)
1.2 物质	(2)
一、物质的化学分类	(2)
二、物质的性质	(3)
1.3 物质的聚集状态	(3)
一、物质三态	(3)
二、气体的状态方程式	(4)
三、气体分压定律	(6)
四、气体分子运动论	(8)
1.4 化学反应与化学方程式	(9)
一、化学方程式	(9)
二、离子互换反应	(10)
三、氧化-还原反应	(11)
问 题	(13)
习 题	(14)
自学指导	(15)
第二章 化学反应中的能量关系	(18)
2.1 基本概念	(18)
一、体系和环境	(18)
二、性质和状态	(19)
三、过程和途径	(19)
四、状态函数	(19)
2.2 热力学第一定律	(20)
一、能量	(20)
二、热力学第一定律	(21)
2.3 化学反应中的热效应	(23)
一、恒容过程的热效应	(23)
二、恒压过程的热效应	(24)
三、焓的性质	(26)
2.4 盖斯定律	(27)
一、盖斯定律	(27)

二、生成热和燃烧热	(29)
三、反应热效应的计算	(30)
2.5 能源	(32)
问 题	(34)
习 题	(34)
自学指导	(36)

第三章 化学反应的方向和化学平衡 (39)

3.1 自发过程和熵	(39)
一、自发过程	(39)
二、自发过程与混乱度	(40)
三、熵	(41)
3.2 自由焓	(43)
一、自由焓判据	(43)
二、自由焓的物理意义	(44)
三、自由焓变和化学反应	(44)
3.3 化学反应的自由焓变的计算	(46)
一、标准热力学数据	(46)
二、化学反应的标准自由焓变的计算	(47)
三、其它温度下反应自由焓变的估算	(50)
四、反应自由焓变的一般表达式	(50)
3.4 化学平衡	(51)
一、化学平衡和平衡常数	(51)
二、平衡常数与反应的标准自由焓变	(55)
3.5 化学平衡的计算	(56)
一、平衡常数的计算	(56)
二、平衡体系组成的计算	(57)
3.6 化学平衡的移动	(59)
一、浓度对平衡的影响	(59)
二、压力对平衡的影响	(60)
三、温度对平衡的影响	(61)
问 题	(63)
习 题	(64)
自学指导	(66)

第四章 溶液 (71)

4.1 稀溶液通性	(71)
一、溶液的蒸气压下降	(71)
二、溶液的沸点升高和凝固点降低	(73)

三、渗透压	(74)
4.2 弱电解质溶液	(76)
一、电离理论	(76)
二、一元弱酸、弱碱的电离平衡	(77)
三、多元酸的电离	(80)
4.3 水的电离和水溶液的酸碱性	(81)
一、水的电离和溶液的 pH 值	(81)
二、酸碱指示剂	(82)
三、缓冲溶液	(83)
4.4 多相离子平衡	(85)
一、溶度积	(85)
二、溶度积规则及应用	(87)
4.5 水的污染及其防治	(89)
一、水的污染	(90)
二、废水的处理	(91)
问 题	(92)
习 题	(93)
自学指导	(94)

第五章 电化学 (98)

5.1 原电池	(98)
5.2 电极电位	(100)
一、双电层理论与电极电位	(100)
二、标准电极电位	(102)
三、浓度对电极电位的影响——能斯特方程式	(104)
四、电极电位的应用	(105)
5.3 电动势与氧化-还原反应的方向和限度	(108)
一、自由焓变与电池电动势	(108)
二、氧化-还原反应的限度	(110)
三、浓度对电动势的影响	(111)
5.4 化学电源	(112)
一、干电池	(112)
二、蓄电池	(113)
三、燃料电池	(114)
5.5 电解	(115)
一、法拉第电解定律	(115)
二、电解产物的判断	(116)
三、电解的应用	(118)
问 题	(120)

习 题	(121)
自学指导	(123)
第六章 化学反应速度	(128)
6.1 反应速度表示法	(128)
6.2 浓度对反应速度的影响	(129)
一、质量作用定律	(129)
二、反应的级数	(131)
6.3 温度对反应速度的影响	(132)
一、阿累尼乌斯公式	(132)
二、碰撞理论	(134)
6.4 催化剂对反应速度的影响	(136)
一、单相催化反应	(137)
二、多相催化反应	(137)
6.5 链反应	(138)
问 题	(139)
习 题	(140)
自学指导	(141)
第七章 原子结构和元素周期系	(144)
7.1 原子结构理论的发展	(144)
一、早期的理论	(144)
二、玻尔原子结构理论	(145)
7.2 原子结构的近代概念	(147)
一、波粒二象性	(147)
二、波函数和量子数	(148)
三、原子轨道和电子云的图形	(150)
四、原子轨道的能级	(151)
7.3 原子核外电子的排布	(153)
7.4 元素周期表和原子结构	(158)
一、元素周期律和元素周期表	(158)
二、原子结构与元素周期表	(160)
7.5 原子结构与元素性质的周期性	(162)
一、原子半径	(162)
二、金属性和非金属性	(164)
三、化合价	(169)
问 题	(170)
习 题	(170)
自学指导	(172)

第八章 化学键与分子结构

8.1 原子怎样形成分子?	(176)
8.2 离子键	(178)
一、离子键的形成	(178)
二、离子的特征	(178)
8.3 共价键	(181)
一、价键理论	(181)
二、键能、键长、键角和键的极性	(183)
三、共价键能和反应的热效应	(185)
8.4 共价分子的几何构型	(186)
一、杂化轨道理论	(186)
二、价层电子对互斥理论	(189)
8.5 分子间力和氢键	(192)
一、分子的极性	(192)
二、分子间力	(193)
三、氢键	(194)
问 题	(195)
习 题	(196)
自学指导	(197)

第九章 晶体结构

9.1 晶体的特征和内部结构	(203)
一、晶体的特征	(203)
二、晶体的内部结构	(204)
9.2 离子晶体	(205)
9.3 原子晶体和分子晶体	(207)
一、原子晶体	(207)
二、分子晶体	(208)
9.4 金属晶体	(210)
一、金属晶体和金属键	(210)
二、合金	(211)
9.5 单质的晶体类型	(213)
问 题	(216)
习 题	(216)
自学指导	(217)

第十章 非金属元素化学

10.1 氢和氢化物	(221)
------------	-------

一、氢	(221)
二、氢化物	(222)
10.2 氧和氧化物	(225)
一、氧	(225)
二、氧化物	(226)
三、含氧酸	(228)
10.3 含氧酸盐	(232)
一、碳酸盐	(232)
二、硅酸盐	(234)
三、硝酸盐和亚硝酸盐	(236)
四、磷酸盐和硫酸盐	(237)
10.4 卤素及其化合物	(237)
一、卤素	(237)
二、卤化物	(239)
三、卤素的含氧化合物	(241)
10.5 稀有气体	(242)
问 题	(243)
习 题	(243)
自学指导	(245)

第十一章 金属元素化学

11.1 概论	(248)
一、金属的物理性质	(248)
二、金属的化学性质	(249)
三、金属的存在和冶炼	(250)
四、金属的腐蚀及其防止	(253)
11.2 配位化合物	(255)
一、基本概念	(255)
二、配合物的价键理论	(256)
三、络离子的离解平衡	(259)
四、配位化合物的应用	(260)
11.3 碱金属和碱土金属	(261)
11.4 重要工业金属	(263)
一、铝	(263)
二、锡、铅、铋、铊	(264)
三、钛	(265)
四、钒、铬、锰	(266)
五、铁、钴、镍	(268)
六、I B 和 II B 类金属	(269)

11.5 镧系和锕系元素	(270)
一、稀土元素	(270)
二、锕系元素	(272)
问 题	(274)
习 题	(275)
自学指导	(276)
 第十二章 有机化合物	
12.1 有机化合物的特点和分类	(280)
一、有机化合物的特点	(280)
二、有机化合物的分类	(283)
12.2 重要有机反应	(286)
一、取代反应	(286)
二、加成反应	(287)
三、缩合反应	(289)
四、氧化还原反应	(290)
12.3 有机高分子化合物	(291)
一、有机高分子的结构特征	(291)
二、高分子化合物的合成	(292)
三、高聚物的性质	(295)
12.4 重要有机化合物	(297)
一、表面活性剂	(297)
二、润滑油	(298)
三、粘结剂	(299)
四、塑料	(300)
五、离子交换树脂	(301)
问 题	(302)
习 题	(303)
自学指导	(304)
附录一 国际单位制 (SI 制)	(307)
附录二 一些基本常数和单位换算	(309)
附录三 一些物质的标准热力学数据	(309)
附录四 标准还原电位(水溶液中, 298 K)	(312)
附录五 四位对数表	(316)

第一章 化学与物质

1.1 化学研究的对象和方法

化学是自然科学中的一门基础学科。自然科学是以整个自然界中的物质及其运动为研究对象的。自然界存在着机械运动、物理运动、化学运动和生命运动等多种基本的运动形式，它们之间存在着从简单到复杂，从低级到高级的发展过程。物质的各种运动形式具有质的特殊性。研究各种运动形式的特殊现象、性质及其规律，这就形成了相应的各门自然科学。例如，力学研究机械运动；物理学研究热、声、光、电磁等现象及其规律；化学研究物质的化学运动；生物学研究生命体的结构、功能、发生及发展的规律。

化学可以认为为一门研究物质分子及其质变规律的科学。具体地说，化学是在原子和分子水平上研究和阐述物质的组成、结构、性质、能量以及物质间转化的科学。由于研究方法或侧重点的不同，传统上将化学学科分为四大分支——无机化学、有机化学、分析化学和物理化学。

无机化学研究单质及化合物的性质、制备、结构及其相互变化的规律。有机化学实际上是碳的化学，它的研究内容是碳化合物的性质、结构、合成方法、相互转变及其相应的规律和理论等。分析化学以发展分析物质及其混合物的组成（定性）、数量（定量）的精确方法为主要研究任务。物理化学则是借助物理学的理论及方法来研究物质结构、化学反应的可能性和限度、反应的速度和历程等基本规律。

和其它自然科学一样，化学也按照一定的科学方法进行研究。

自然科学开始于观察。观察的对象可以是瞬息万变的自然界，也可以是在人为控制的条件下进行有目的的实验。经过认真观察、反复核实而取得的结果就成为科学资料（或数据）。收集、整理并研究大量的科学资料后，往往可以发现它们之间会显出规律性、相似性和一致性。再经人们的分析、归纳，会得到被称为定律的概括结论，可用来说明自然现象的某些规律及其联系。

1774年，法国科学家拉瓦锡（Lavoisier）在总结了大量实验资料的基础上，发现了质量守恒定律——参加化学反应的全部物质的质量，等于反应后的全部生成物的质量。这是化学中最基本的定律之一，它为物质的定量分析奠定了基础，开辟了化学计算和精确研究物质组成的道路。在这一定律的启示下，人们随后又发现了定组成定律（定比定律）、倍比定律和当量定律等一系列重要定律，极大地推动了化学学科的发展。

为了解释现象间的联系、阐述事物发展的内在依据，人们常常提出一些假说。如果从假说中逻辑地推演出的结果与实验事实相符或为实验所证实；如果假说不但可以解释某些现象，还可以预测新的现象，则假说就上升为理论。理论对于实践有很大的指导意义。由于人类认识的相对性，理论和假说也不可能绝对正确，它仍需要接受实践的检验，不断地补充、发展。

在理论思维过程中,科学模型的提出和建立起了重要作用。为了认识一些比较复杂或无法直接观察的自然现象和过程,人们往往根据已掌握的科学资料,先建立一个适当的模型加以描述,然后由此得到正确的运动规律,并建立起较完整的理论体系。在化学研究中,模型的方法尤为重要。例如,分子运动论中的理想气体分子模型;近代物质结构理论中的各种原子模型、化学键模型以及分子模型等,对于化学理论的形成、发展;对于形象地解释理论都是必不可少的环节。在学习本教材时,还会进一步领会到模型在科学研究中的重要性。

总之,实践、认识,再实践、再认识;认识世界是为了改造世界。这就是辩证唯物主义的认识论,是科学研究唯一正确的方法,也是我们学习化学的唯一正确态度和方法。

1.2 物质

一、物质的化学分类

我们的世界是由形形色色、千变万化的物质所组成的。物质是不依赖于人类意识,独立存在,而为意识所反映的客观现实。化学研究的物质指的是实物,它们具有质量(静质量和动质量),并占有一定的空间。

化学主要研究物质的分子及其质变规律。因此,从化学观点看,物质可分为两大类——纯物质和混合物。

纯物质是只包含一种分子的物质。它具有确定的组成和确定的性质,不能用物理方法再分割。纯物质又可分为元素单质和化合物两类。单质的分子是由同种元素的原子组成,例如,金属的铁、铝,非金属的氧和硫等。化合物分子则由不同种类元素的原子组成,例如,水、硫酸、食盐、葡萄糖、甘油等。纯物质只是理论上的概括,实际上是不可能存在的。人们不可能得到完全纯净的水或完全纯净的食盐,等等。人们实际使用的是含有极少量杂质的“纯物质”。

混合物是两种或多种纯物质的物理混合体,它不具有确定的组成和确定的性质,而其中各组分物质仍保持着各自特有的性质。因此,可借助某些物理方法(例如,蒸发、过滤、蒸馏、结晶等)将其中各个组分一一分开。这一过程称为物质的分离。

为了比较精确地研究物质的组成、结构和性质,要把混合物分离成纯物质,或将存在于该物质中的杂质除去,这称为物质的提纯。“纯”这个词只有相对意义,不同的情况下,有不同的“纯度”要求。以水为例,天然水中含杂质较多,含盐量通常在100~5000毫克/升;饮水中含盐量则应控制在10~20毫克/升,而工业用的纯水(去离子水)中含盐量必须低于1.0毫克/升,高纯水则要求含盐量在0.1毫克/升以下。

混合物按其组分和形态的不同,又可分为均匀的和不均匀的。混合物中任何具有相同物理、化学性质的均匀部分常称为一个相。在不同的相之间有明显的界面分开,可用机械的或物理的方法将它们分离。只有一个相的混合物就是均匀混合物(或单相混合物),它通称为溶液。溶液可以是液态的(如通常的水溶液),气态的(气体溶液,如空气或其它气体的混合物),或固态的(固体溶液,如某些合金)。含有两个或两个以上相的混合物就是不均匀混合物(或多相混合物)。例如,在油和水的混合物中,油和水的物理及化学性质均不相同,又有界面分开,所以这混合物有两个相。又如,在密闭容器中,将锌块投入盐酸内,反应生成氢气和氯化锌,形成了含有三个相的体系,即剩余的盐酸和氯化锌组成的水溶液为一相,未

溶解的锌块为一相，氢气为一相。表 1-1 中列出某些单相和多相混合物的实例。

表 1-1 单相和多相混合物

混 合 物	盐 水	砂 和 水	油 和 水	油、水和冰	锌和盐酸（在密 闭容器中反应）
相 数	1	2	2	3	3

二、物质的性质

物质处于不停的运动之中。在各种运动形式中，一物质表现出种种区别于其它物质的特殊性质。人们认识物质是从了解这些特殊性质开始的。物质的性质是人们研究、鉴别和使用物质的依据。化学主要研究物质的物理性质和化学性质。

物理性质是物质在分子保持不变的宏观物理运动中表现出来的性质。它们常用来说明物质对力、热、声、光、电磁等外界影响的反映。物质的重要物理性质有：颜色、气味、密度、硬度、熔点、沸点、导热性、导电性、蒸气压和在水中的溶解度，等等。

化学性质是在化学变化中物质所表现出来的性质。经过化学变化，一种物质会转变成另一种物质，就是发生了分子的质变。重要的化学性质包括单质的金属性和非金属性，化合物的酸碱性、氧化-还原性、热稳定性以及其它化学反应活性，等等。

物质的性质取决于物质的组成，结构和外界条件。化学研究的一个重要目标就是要弄清物质的组成、结构与其性质间的关系。近年来，这方面已经取得了很大的进展。人们已能根据物质的组成和结构，说明和预测物质的性质。也能从物质的已知性质，推断物质的组成和结构，进而有可能人工合成具有特殊结构和性能的物质，以满足人类日益增长的需要。

物质性质还可分为宏观性质和微观性质两大类。宏观性质是描写那些可见的、可称量的、可操作的足够大的物体的特性和行为的。宏观物体是人们在日常生活中接触到的和熟悉的。因此，对于宏观性质也易于认识。微观性质是指分子、原子、电子等微观粒子的性质和行为。例如，分子的无规则热运动性质、微观粒子的波粒二象性等等。这些性质大都不能借助于实验直接观察到，而需要高度的理论思维。宏观性质和微观性质是有区别的。例如，溴单质是红棕色的，人们却不能用颜色来说明一个溴分子。但是，宏观性质又往往是微观性质的反映。因此，在化学研究中要用宏观与微观相结合的观点去说明物质性质及其变化。这是一个很重要的研究方法。

为了研究问题的方便，有时又将物质的性质分为容量性质和强度性质两类。

容量性质是一类其数值大小与所含物质的量多少成正比，并具有加和性的性质。例如，物体的质量就是容量性质，因为物体的质量与其所含物质的量成正比，而且物体各部分的质量之和就是该物体的总质量。

强度性质是一类其数值大小与所含物质的量多少无关，并不具有加和性的性质。例如，在 4℃ 时，1 公斤水的密度为 $1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，10 斤水的密度仍为 $1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。而且不能说“一杯水中各部分水的密度之和就是杯中水的总密度。”所以密度是强度性质。

1.3 物质的聚集状态

一、物质三态

各种实物都是由微观粒子聚集而成。人们认识物质，总是从宏观的聚集状态开始的。通

常情况下, 物质主要有三种聚集状态——气态、液态和固态。不同的聚集状态具有明显不同的特性和能量。

在气态物质中, 粒子(分子或原子)运动速度很快, 粒子间的距离较大, 而相互作用力极小。因此, 气态物质既没有固定的体积, 也没有一定的形状, 它可以充满任何大小和形状容器。

物质处于液态时, 粒子(分子、原子或离子)的运动受到限制, 但能相对滑动。粒子间的距离要比气态时小得多, 而作用力较强。因此, 液态物质有一定的体积而没有固定的形状。

固态物质大体上有一定的体积, 也有一定的形状。其中, 粒子间距离较小, 相互作用力较大, 粒子只能在其平衡位置的附近振动。

决定物质的聚集状态有两个相反的因素, 即粒子的热运动和粒子间的相互作用力。

在固态时, 粒子间作用力强于由热运动而引起的分离倾向, 粒子被限制在一定的位上, 因此能大体上保持一定的形状和体积。如果加热固态物质, 随着温度的升高, 粒子的热运动显著增强, 到熔点时, 固态结构破坏而成为液态。液态时, 粒子间距离比固态时约大10%, 粒子间作用力减弱, 但仍保持一定的联系。如温度继续升高, 粒子热运动迅速增强, 到沸点时, 粒子间的联系完全破坏, 粒子飞散在更广阔的空间作独立的热运动。从而产生了气体的扩散、可压缩和均匀混合等一系列重要特性。

图1.1表示物质三态间的转化过程及能量关系。从下到上的转化要吸收能量, 从上到下的转化则放出能量。

固态(固体)和液态(液体)物质的性质将在以后讨论, 本节着重介绍气态(气体)物质性质的主要规律。

二、气体的状态方程式

对气体性质经过广泛研究后, 发现和建立了三条基本定律。

1. 波义耳(Boyle)定律 在一定温度下, 一定量气体的体积(V)与压力(P)成反比, 即

$$V \propto \frac{1}{P} \quad (\text{当温度 } T \text{ 和摩尔数 } n \text{ 恒定时})$$

2. 查理(Charles)定律 在一定压力下, 一定量气体的体积(V)与绝对温度(即热力学温度 T)成正比, 即

$$V \propto T \quad (\text{当压力 } P \text{ 和摩尔数 } n \text{ 恒定时})$$

3. 阿佛加德罗(Avogadro)定律 在一定温度、压力下, 气体的体积与气体的分子数成正比。而分子数是以摩尔数计算的, 所以, 这定律也可表示为, 在一定温度和压力下, 气体的体积(V)与其摩尔数(n)成正比, 即

$$V \propto n \quad (\text{温度 } T \text{ 和压力 } P \text{ 恒定时})$$

将这三条定律结合, 则得

$$V \propto \frac{1}{P} T n$$

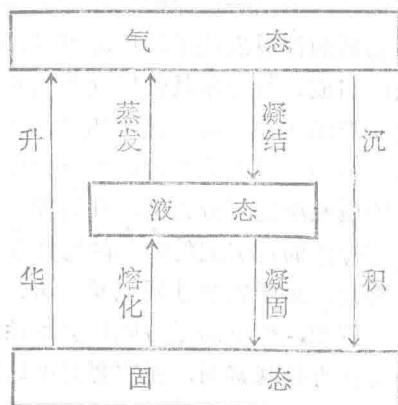


图 1.1 物态变化示意图