

DAXUEPUTONGHUAXUE



大连理工大学普通化学教研室 编写

大学普通化学

大连理工大学出版社

大学普通化学

大连理工大学普通化学教研室编

大连理工大学出版社

内 容 简 介

本书是作者在总结了近年来教学改革经验的基础上,对原有校内讲义进行大幅度增删修改而编写的公共基础课教材。

书中内容主要有化学反应的基本原理、溶液与离子反应、电化学、物质结构、高分子化合物和环境化学的知识。在选材上贯彻了少而精、理论联系实际的原则;在叙述上循序渐进、深入浅出。书中每章的后面附有复习思考题和习题,还附有阅读材料,以帮助读者巩固所学过的知识和扩大知识面。

大 学 普 通 化 学

Daxue Putong Huaxue

大连理工大学普通化学教研室编

大连理工大学出版社出版
(大连市甘井子区凌水河)

锦州印刷厂印刷
辽宁省新华书店经销

开本: 787×1092 1/32 印张: 11.5 字数: 246千字

1989年7月第1版

插页: 1

1989年7月第1次印刷

印数: 0001—6000

责任编辑: 于 溢

封面设计: 葛 明

责任校对: 杜祖诚

ISBN 7-5611-0164-3/O·29

定价: 4.00元

前 言

本书是根据1986年国家教委审定的高等工业院校80学时“普通化学课程基本要求”（以下简称“基本要求”）编写的。本书可作为高等工业院校非化工专业的普通化学教材，也可作为自学参考书。

全书共分七章。第一章，介绍了化学反应的基本原理。其中包括化学反应中的能量关系，化学反应的方向、程度及化学反应速率等内容。第二、三章，讨论了溶液与氧化还原反应及电化学方面的理论和知识。第四、五章，讨论原子、分子、晶体等物质结构理论的近代知识。第六、七章，介绍了高分子化合物和环境化学等知识。

本书在编写时，侧重考虑了以下几点：

1. 编写起点与现行全日制高中化学和高中物理乙种本相衔接，避免不必要的重复。

2. 在内容的选取上，以“基本要求”为依据，但在某些章节的深度和广度方面作了必要的扩展，这部分是以小字排印的。

3. 为贯彻“少而精、理论联系实际”的原则，在保持化学理论体系完整性的基础上，将元素化学的知识穿插在基本原理之中，以加强相互联系。本书力求反映现代科学水平

和技术，突出工科化学的特点，并密切联系能源、材料、环境和安全等方面的实际。

4. 为了便于自学，在叙述上尽可能作到循序渐进、深入浅出。每章后面有复习思考题和习题，习题后附有答案。

5. 为了扩大学生知识面，将与各章有联系的内容编成阅读材料，分别安排在各章内容的最后，供学生参考。

6. 由于各专业普通化学的学时有较大出入，使用本教材可酌情增删部分内容。

本书是我们在总结近年来教学改革经验的基础上，参照了我校历年所编写的大学化学、普通化学教材而编写的。在本书编写和修改过程中，教研室全体同志详细读书稿，多次反复讨论，提出修改意见，因此本书实际上是我教研室全体同志集体劳动的成果。

参加本书编写工作的有：林桂荣（第一章）、郭丽娟（第二、六章）、陈秀洁（第三、七章）、周秀璠（第四、五章）、郑杏绯（第七章阅读材料）。全书由袁万钟教授、隋亮教授审阅定稿。

由于我们水平所限，书中不妥之处，尚希读者指正。

编 者

1988年12月

目 录

第一章 化学反应的基本原理	(1)
第一节 化学反应中的能量关系	(1)
1.1 几个基本概念.....	(1)
1.2 焓变与反应热.....	(6)
第二节 化学反应的方向	(16)
2.1 自发过程的方向性.....	(16)
2.2 熵.....	(17)
2.3 吉布斯函数.....	(19)
2.4 非标准状态下的吉布斯函数变 ΔG	(31)
第三节 化学反应的程度——化学平衡	(38)
3.1 平衡常数.....	(38)
3.2 吉布斯函数变与平衡常数.....	(39)
3.3 温度对平衡常数的影响.....	(43)
3.4 由平衡常数确定反应进行的程度.....	(45)
第四节 化学反应速率	(47)
4.1 反应速率表示.....	(47)
4.2 反应速率与浓度的关系.....	(50)
4.3 反应速率与温度关系——阿仑尼乌斯公式.....	(54)

4.4	催化剂对反应速率的影响·····	(56)
4.5	化学反应的活化能·····	(58)
4.6	影响多相反应速率的因素·····	(61)
	复习思考题·····	(63)
	习题·····	(65)
	阅读材料：反应物（生成物）浓度与时间的 关系·····	(74)
第二章	溶液和离子反应 ·····	(79)
第一节	溶液的通性·····	(79)
1.1	溶液的蒸气压下降·····	(80)
1.2	溶液的沸点上升与凝固点下降·····	(82)
1.3	溶液的渗透压·····	(86)
第二节	单相离子反应·····	(88)
2.1	弱电解质的电离·····	(89)
2.2	同离子效应与缓冲溶液·····	(91)
2.3	配离子（络离子）的反应·····	(99)
第三节	多相离子反应·····	(108)
3.1	溶度积·····	108)
3.2	溶度积规则及其应用·····	(111)
3.3	硫化物的溶解性·····	(116)
	复习思考题·····	(118)
	习题·····	(120)
	阅读材料：离子交换法净化水·····	(123)
第三章	氧化还原反应与电化学 ·····	(127)
第一节	氧化还原反应·····	(127)
1.1	氧化值·····	(127)

1.2	氧化还原反应的基本概念	(130)
第二节	原电池与电极电势	(134)
2.1	原电池	(134)
2.2	电极电势	(138)
2.3	原电池的电动势与吉布斯函数变的关系	(145)
2.4	浓度对电极电势的影响——能斯特(W·Nernst)方程式	(146)
2.5	电极电势的应用	(151)
第三节	电解	(162)
3.1	电解的基本原理	(162)
3.2	分解电压	(163)
3.3	过电压	(165)
3.4	电解产物的判断	(167)
3.5	电解原理在工程实际上的应用	(171)
第四节	金属的电化学腐蚀及其防护	(176)
4.1	金属的电化学腐蚀	(177)
4.2	影响金属电化学腐蚀的因素	(181)
4.3	金属电化学腐蚀的防护	(183)
	复习思考题	(187)
	习题	(189)
第四章	原子结构与周期系	(194)
第一节	氢原子结构	(194)
1.1	玻尔的氢原子结构	(194)
1.2	氢原子结构的近代理论	(196)
第二节	多电子原子结构和周期表	(205)

2.1	屏蔽效应与有效核电荷·····	(205)
2.2	多电子原子的电子分布·····	(208)
2.3	电子层结构与周期表·····	(213)
第三节	元素性质的周期性·····	(217)
3.1	元素的氧化值·····	(217)
3.2	原子半径·····	(218)
3.3	元素的电离能、电子亲和能与电负性··	(220)
3.4	元素的金属性与非金属性·····	(224)
复习思考题	·····	(226)
习题	·····	(227)
第五章	化学键、分子结构与晶体结构 ·····	(230)
第一节	共价键理论与分子构型·····	(230)
1.1	价键理论·····	(231)
1.2	原子轨道杂化与分子构型·····	(237)
1.3	配位化合物中的化学键·····	(243)
第二节	共价键与原子晶体·····	(247)
第三节	分子间力与分子晶体·····	(249)
3.1	分子的偶极矩与极化率·····	(249)
3.2	分子间力·····	(253)
3.3	氢键·····	(257)
第四节	离子键与离子晶体·····	(259)
4.1	离子键·····	(259)
4.2	晶格能·····	(260)
4.3	离子极化·····	(262)
第五节	金属键与金属晶体·····	(265)
5.1	金属键与金属晶体·····	(265)

5.2	合金, C、N、B、H的金属型化合物	(267)
第六节	混合型晶体	(269)
6.1	石墨与氮化硼	(269)
6.2	硅酸盐	(270)
第七节	单质的晶体结构及其性质的周期性	(273)
7.1	单质的晶体结构类型	(273)
7.2	单质的物理、化学性质	(276)
复习思考题		(281)
习题		(282)
阅读材料:	共价键的分子轨道理论	(285)
第六章	有机高分子化合物	(297)
第一节	有机高分子化合物概论	(297)
1.1	高分子化合物的基本概念	(297)
1.2	高分子化合物的结构和性能	(299)
第二节	重要的高分子材料	(306)
2.1	工程塑料	(306)
2.2	合成橡胶	(309)
2.3	合成纤维	(311)
复习思考题		(313)
阅读材料:	功能高分子材料	(314)
第七章	化学与环境保护	(317)
第一节	环境保护的重要性	(317)
第二节	大气的污染及其防治	(318)
2.1	大气的组成	(318)
2.2	大气的污染物	(319)
2.3	大气污染的防治	(324)

第三节 水的污染及其防治·····	(327)
3.1 水的污染·····	(327)
3.2 水污染的防治·····	(332)
复习思考题·····	(335)
阅读材料：痕量金属元素与人体健康·····	(336)
附录·····	(341)
附录 1 本书所用单位制的几点说明·····	(341)
附录 2 物质的热力学数据·····	(344)
附录 3 水合离子的热力学数据·····	(348)
附录 4 电离常数·····	(349)
附录 5 配离子的稳定常数·····	(351)
附录 6 溶度积常数·····	(352)
附录 7 标准电极电势·····	(354)
元素周期表	

第一章 化学反应的基本原理

在生产和科学实验中，常常会遇到这样一些化学问题：当两个或更多的物质放在一起时，它们能否发生化学反应？如果它们能发生反应，则伴随着反应的进行，将发生多少能量的变化？在一定条件下，反应进行的程度如何？反应速率怎样？这一章我们将简要地讨论以上四个方面的问题。

第一节 化学反应中的能量关系

1.1 几个基本概念

为了便于讨论问题，我们先介绍几个基本概念。

1. 体系与环境

任何物质总是和它周围的物质相联系的。为了科学研究的需要，人们常常把研究的对象和周围的物质划分出来，这种被划分出来作为研究对象的一部分物质称为体系；而体系以外的其它有关部分则称为环境。例如，研究硝酸银与氯化钠在水溶液中的反应，含有这两种物质的水溶液就是体系，而溶液之外的一切物质（如烧杯、溶液上方的空气等）都是环境。

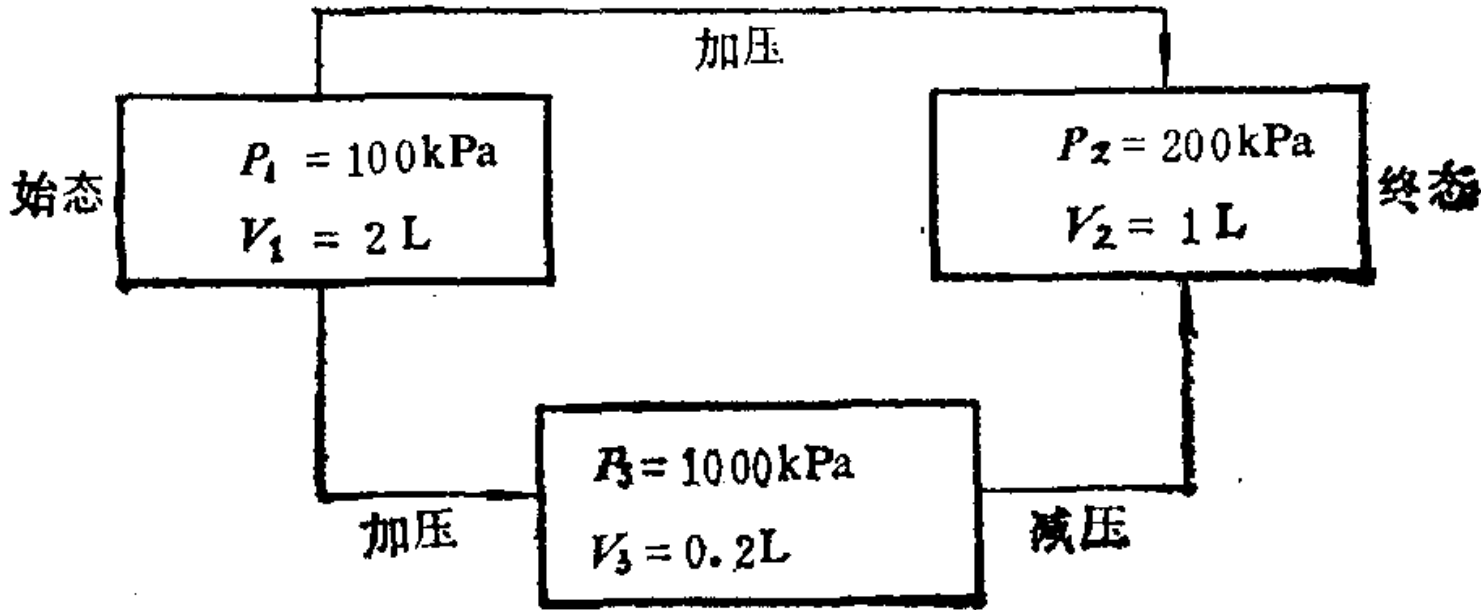
体系中任何具有相同的物理和化学性质的部分叫做相，相与相之间有明显的界面存在。同一物质可因不同的聚集状

态而形成不同的相，例如水、水蒸气、冰为不同的三相。一个相并不一定是一种物质，例如空气或溶液都是由几种物质组成，但由于它们内部都是完全均匀的，所以都属于单相体系。聚集状态相同的物质在一起，并不一定是单相体系，如水和油混合则形成明显的界面，属于多相体系（含有两相或多于两相的体系）。

2. 状态与状态函数

为了讨论体系所发生的变化，通常用体系的性质如温度、压力、体积……等来综合地描述体系的状态。当这些性质都有确定的值时，就表示体系处于一定的状态；反之，体系处于某一状态时，体系的性质是一定的。当其中任一性质发生改变，体系的状态也随之改变，可见体系的状态和性质之间有一定的依存关系。这些用来描述状态的性质称为状态函数。

当体系的状态被改变时，状态函数的变化只决定于体系的始态和终态，而与变化的途径无关。例如我们讨论一定量的某种理想气体的状态变化，它由始态 $p_1 = 100\text{kPa}$, $V_1 = 2\text{L}$ ，变成终态 $p_2 = 200\text{kPa}$, $V_2 = 1\text{L}$ ，设此变化由下列两种途径来实现：



不管过程是一次加压而达到终态，还是经过加压和减压两步而达到终态，只要始态和终态一定，则其状态函数（ p 和 V ）的变化也一定，即

$$\Delta p = p_2 - p_1 = 200 - 100 = 100 \text{ kPa}$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 1 - 2 = -1 \text{ L}$$

上面介绍的象温度、压力、体积……等我们早已熟悉的物理量都是状态函数。在本章中还要介绍一些热力学函数，象内能、焓、熵和吉布斯函数等，它们也是状态函数。

3. 气体分压

在生产、科学实验和日常生活中，我们所遇到的气体，常常是气体混合物，例如空气就是氧气、氮气、二氧化碳和稀有气体等多种气体的混合物。混合气体中各组分气体的含量，可以用气体的分体积或体积分数来表示，也可以用组分气体的分压来表示。

（1）分体积、体积分数、摩尔分数

在恒温 and 固定的压力情况下，将 4.0L 氮气和 1.0L 氧气混合所得混合气体的体积为 5.0L。因此，混合气体总体积（ $V_{\text{总}}$ ）等于各组分气体分体积（ V_i ）之和。

$$V_{\text{总}} = \sum V_i \quad (1-1)$$

所谓分体积是指相同温度下，组分气体具有和混合气体相同压力时所占的体积。每一组分气体的体积分数（ Y_i ），就是该组分气体的分体积与总体积之比，即

$$Y_i = \frac{V_i}{V_{\text{总}}} \quad (1-2)$$

上述混合气体中，氮和氧的体积分数分别为

$$Y_{N_2} = \frac{4.0}{5.0} = 0.80$$

$$Y_{O_2} = \frac{1.0}{5.0} = 0.20$$

某组分气体的“物质的量” (n_i) 与混合气体总“物质的量” ($n_{\text{总}}$) 之比, 称为该组分气体的摩尔分数 (X_i), 即

$$X_i = \frac{n_i}{n_{\text{总}}} \quad (1-3)$$

(2) 分压定律

气体的特点是能够均匀地布满在它占有的全部空间中, 因此, 在气体混合物中, 只要不发生化学反应, 每种气体就象单独存在一样, 均匀地分布于整个容器中, 占据与混合气体相同的体积。每种气体的压力与其它气体的存在无关。在恒温下, 某组分气体占据与混合气体相同体积时对容器所产生的压力, 称为该组分气体的分压。

设在体积为 V 的容器中, 盛有 1、2、3 …… i 种气体, 各自的量为 n_1 、 n_2 、 n_3 …… n_i 。温度为 T , 则由 $pV = nRT$ 得到

$$p_1 = \frac{n_1 RT}{V}, \quad p_2 = \frac{n_2 RT}{V}$$

$$p_{\text{总}} = n_{\text{总}} \frac{RT}{V} = (n_1 + n_2 + \dots + n_i) \frac{RT}{V}$$

$$= \frac{n_1 RT}{V} + \frac{n_2 RT}{V} + \dots + \frac{n_i RT}{V}$$

$$\therefore p_{\text{总}} = p_1 + p_2 + \dots + p_i = \sum p_i \quad (1-4)$$

即混合气体的总压力等于各组分气体的分压之和。

从理想气体状态方程很容易证明，相同温度下，混合气体总压与每个组分气体分压的关系为

$$\frac{p_1}{p_{\text{总}}} = \frac{n_1}{n_{\text{总}}}; \quad \frac{p_2}{p_{\text{总}}} = \frac{n_2}{n_{\text{总}}} \dots \frac{p_i}{p_{\text{总}}} = \frac{n_i}{n_{\text{总}}}$$

$$p_i = p_{\text{总}} \frac{n_i}{n_{\text{总}}}$$

即混合气体中，每一组分的分压等于总压与该组分摩尔分数的乘积。又知

$$\frac{n_i}{n_{\text{总}}} = \frac{\frac{p_i V_i}{RT}}{\frac{p_{\text{总}} V_{\text{总}}}{RT}} = \frac{V_i}{V_{\text{总}}}$$

因此，摩尔分数和体积分数在数值上是相等的。所以

$$p_i = p_{\text{总}} \frac{n_i}{n_{\text{总}}} = p_{\text{总}} \frac{V_i}{V_{\text{总}}} \quad (1-5)$$

(1-5) 式表示分压等于总压力乘该组分气体的体积分数。

1801年道尔顿 (J. Dalton) 总结了上述规律，提出了混合气体的分压定律：混合气体的总压力等于组分气体的分压之和；某组分气体的分压的大小和它在气体混合物中的摩尔分数（或体积分数）成正比。

应当指出，只有理想气体才严格遵守上述定律，因而应避免在低温和高压的条件下应用分压定律。

例 1-1 在一容器中含有 NH_3 、 O_2 和 N_2 的混合气体，已知其中含有 NH_3 0.24 mol， O_2 0.36 mol， N_2 1.40 mol，

计算总压为101.3 kPa时，各组分气体的分压。

解：

$$\begin{aligned}n_{\text{总}} &= n_{\text{NH}_3} + n_{\text{O}_2} + n_{\text{N}_2} \\&= 0.24 + 0.36 + 1.40 \\&= 2.00 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$p_{\text{NH}_3} = p_{\text{总}} \frac{n_{\text{NH}_3}}{n_{\text{总}}} = 101.3 \times \frac{0.24}{2.00} = 12.2 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{O}_2} = p_{\text{总}} \frac{n_{\text{O}_2}}{n_{\text{总}}} = 101.3 \times \frac{0.36}{2.00} = 18.2 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{N}_2} = 101.3 - 12.2 - 18.2 = 70.9 \text{ kPa}$$

1.2 焓变与反应热

1. 焓

在化学反应中往往伴随着吸热或放热过程，有时还与环境有功的交换，这种与环境交换的能量都涉及体系内能的变化，内能（ U ）是体系内部能量的总和，是状态函数。内能的绝对值是无法测定的。只能测得其变化值（ ΔU ）。

通常把由温度不同而在体系和环境之间传递的能量叫热量（ Q ）。除了热的形式以外，各种被传递的能量全部叫做功（ W ）。由此可知，热和功是和状态的变化联系着的，若体系处于一定状态，体系与环境之间不发生能量交换，也就是没有热的传递，也不做功。热和功与内能不同，它们不是状态函数。

如果体系处于某一状态具有内能 U_1 ，当我们给这个体系输入一定热量 Q ，同时体系对环境作了功 W ，体系终止于