



普通高等教育“十二五”规划教材

无机化学

盛永丽 张卫民 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

无机化学

盛永丽 张卫民 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共3篇17章,第1篇为化学基础知识与基本原理,主要介绍气体与溶液、化学动力学基础、化学热力学基础、化学平衡常数、酸碱解离平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原反应。第2篇为物质结构基础,主要内容是原子结构与元素周期律、共价分子结构与共价键理论、晶体结构、配位化学基础。第3篇为元素化合物,这部分内容是按区划分知识点,重点介绍主要单质及化合物的结构特点、性质与用途、自然界的存在形态与制备等。本书力求简明但又不失系统性,易读、易讲又不失科学性。书中正文部分增加了许多与讲课内容密切相关的特色栏目,如思考·练习、迁移·应用等,有利于调动学生课堂动脑思考、主动学习的积极性;每章还附有20个选择题的“单元测试”,方便学生对知识的掌握情况进行自检,也有利于教师及时查缺补漏。

本书可作为综合性大学及一般院校和近化学专业的本科生教材,也可作为相关专业学生和教师的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学/盛永丽,张卫民主编. —北京:科学出版社,2017.3
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-03-052353-2

I. ①无… II. ①盛… ②张… III. ①无机化学-高等学校-教材
IV. ①O61

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第052331号

责任编辑:丁里 周岳峰/责任校对:何艳萍
责任印制:赵博/封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017年3月第一次印刷 印张:26 1/2 插页:1

字数:680 000

定价:59.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

无机化学是化学类及相近专业大一新生的一门重要基础课，它不仅有着学科自身的丰富内容，还要为其后续课程——分析化学、有机化学、物理化学及结构化学等打好基础，同时它还自然地担负着使学生尽快适应大学专业课程学习的重要任务。所以，一本适合的无机化学教材要发挥承前启后、启发思维的作用。

本书主要是由济南大学无机化学教研室的教师结合多年的教学实践经验，参考国内外相关化学教材和论著编写而成。全书共3篇，其中第1篇覆盖了主要的化学基础知识和基本原理，包括气体与溶液、化学动力学基础、化学热力学基础、化学平衡常数、酸碱解离平衡、沉淀溶解平衡和氧化还原反应等共7章；第2篇为物质结构基础，包括第8~11章，全面介绍了原子结构与元素周期律、共价分子结构与共价键理论、晶体结构以及配位化学基础；第3篇为元素化合物，包括第12~17章，分区介绍典型元素及其化合物的结构、性质与应用。

本书的编著力求体现以下几个特点：

(1)内容的处理上注意与中学及后续课程内容的衔接，尽量避免过多不必要的重复及过难的铺垫，使学生的知识结构得到合理的补充与完善。

(2)教材内容实用、新颖，便于教学互动。教材中设置了“联想·质疑”“思考·练习”“迁移·应用”“阅读·拓展”等多种栏目，有利于激发学生的学习兴趣，调动学生主动学习的积极性。

(3)教材内容的设置突出了学生是教学活动的主体地位。在每章之后增加了“单元测试题”，方便学生对知识的掌握情况进行自检，也有利于教师及时查漏补缺；各章之后的“归纳·整合”栏目，使散乱的知识点提纲化，元素部分一些常用的多变价元素及化合物的性质用框图的形式进行了串联，便于学生的记忆与复习。

(4)将化学知识与社会生产、生活联系在一起，提高读者的阅读兴趣。教材中结合教学内容增加了一些生动幽默的化学史资料及与生产、生活相关的知识点和思考题，使读者深切体会学必有所用。

本书由盛永丽和张卫民担任主编，主要完成全书正文和部分习题的编写工作，范迎菊、陈艳丽[中国石油大学(华东)]担任副主编。参加编写的还有济南大学无机化学教研室的刘广宁、苗金玲、杨红晓、王金刚等，齐鲁大学无机化学教研室的老师也做了许多辅助工作。全书由盛永丽进行加工、修改、补充并完稿。本书的编写还得到了齐鲁工业大学崔月芝、德州学院董岩、曲阜师范大学景志红、山东农业大学姜林等老师的支持和帮助，他(她)们提供了不少宝贵的意见和建议，在此由衷地表示感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏和不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

盛永丽

2016年11月于济南大学

目 录

前言

第 1 篇 化学基础知识与基本原理

第 1 章 气体与溶液	3
1.1 气体状态方程	3
1.1.1 理想气体状态方程及其应用	3
1.1.2 道尔顿分压定律	4
1.1.3 格雷姆气体扩散定律	6
*1.1.4 实际气体状态方程	6
1.2 相变与相平衡	7
1.2.1 相的有关概念	7
1.2.2 相平衡	8
1.3 溶液	10
1.3.1 溶液浓度的表示方法	10
1.3.2 非电解质稀溶液的依数性	11
第 2 章 化学动力学基础	18
2.1 化学反应速率的表示方法	18
2.1.1 化学反应速率	18
2.1.2 平均速率	18
2.1.3 瞬时速率	19
2.2 化学反应速率理论简介	20
2.2.1 有效碰撞理论	20
2.2.2 过渡状态理论	21
2.3 影响化学反应速率的因素	22
2.3.1 浓度对化学反应速率的影响	22
2.3.2 温度对化学反应速率的影响	24
2.3.3 催化剂对化学反应速率的影响	25
第 3 章 化学热力学基础	29
3.1 基本概念	29
3.1.1 体系与环境	29
3.1.2 状态与状态函数	29
3.1.3 过程与途径	30
3.1.4 热、功、热力学能	31

3.1.5	热容	32
3.2	热力学第一定律	32
3.3	热化学	33
3.3.1	化学反应的热效应	33
3.3.2	Q_p 与 Q_v 的关系	34
3.3.3	焓变与热力学能变的表示方法与单位	34
3.3.4	反应热的计算	35
3.4	化学反应进行的方向	38
3.4.1	自发过程和可逆过程	38
3.4.2	化学反应方向的判据	39
第 4 章	化学平衡常数	46
4.1	可逆反应与化学平衡	46
4.1.1	可逆反应	46
4.1.2	化学平衡	46
4.1.3	标准平衡常数	46
4.1.4	多重平衡原理	49
4.2	化学平衡常数的计算	49
4.2.1	解题步骤	49
4.2.2	平衡转化率与平衡常数的相互换算	49
4.2.3	计算平衡组成	50
4.3	化学反应方向的判断	50
4.3.1	通过比较反应商与标准平衡常数的关系来判断反应方向	50
4.3.2	通过标准平衡常数与自由能变的关系来判断反应方向	51
4.4	化学平衡的移动	51
4.4.1	浓度对化学平衡移动的影响	51
4.4.2	压力对化学平衡移动的影响	52
4.4.3	温度对化学平衡移动的影响	53
4.4.4	催化剂对化学平衡的影响	54
第 5 章	酸碱解离平衡	58
5.1	电解质溶液理论	58
5.2	弱酸弱碱的解离平衡	60
5.2.1	水的解离平衡和溶液的 pH	60
5.2.2	一元弱酸弱碱的解离平衡	63
5.2.3	多元弱酸弱碱的解离平衡	66
5.3	缓冲溶液	66
5.3.1	定义与组成	66
5.3.2	缓冲溶液的缓冲原理	67
5.3.3	缓冲溶液 pH 的计算	67
5.3.4	缓冲溶液的缓冲能力和有效缓冲范围	68

5.4	盐的水解	69
5.4.1	弱酸强碱盐的水解——溶液显碱性	69
5.4.2	弱碱强酸盐的水解——溶液显酸性	71
5.4.3	一元弱酸弱碱盐的水解(双水解)	72
5.4.4	多元弱酸酸式盐的水解	72
5.4.5	影响盐类水解的因素	74
5.5	溶液酸碱理论的发展	75
5.5.1	酸碱质子理论	75
5.5.2	酸碱电子理论	77
5.5.3	酸碱溶剂体系理论	78
第 6 章	沉淀溶解平衡	82
6.1	溶度积	82
6.1.1	溶度积常数	82
6.1.2	溶度积规则	83
6.1.3	溶度积与溶解度之间的换算	83
6.2	影响沉淀溶解平衡的因素	84
6.2.1	同离子效应	84
6.2.2	盐效应	85
6.2.3	酸度的影响	86
6.3	沉淀的生成和溶解	86
6.3.1	沉淀的生成	86
6.3.2	分步沉淀	87
6.3.3	沉淀的转化	88
6.3.4	沉淀的溶解	88
第 7 章	氧化还原反应	93
7.1	基本概念	93
7.1.1	化合价与氧化数	93
7.1.2	氧化还原反应相关概念	93
7.2	氧化还原方程式的配平	95
7.2.1	氧化数法	95
7.2.2	离子-电子法	96
7.3	原电池	97
7.3.1	原电池的工作原理	97
7.3.2	电极的类型	97
7.3.3	原电池符号	98
7.4	电极电势	99
7.4.1	电极电势产生的原因	99
7.4.2	标准电极电势的测量	99
7.4.3	标准电极电势表	100

7.5	电池反应的热力学	101
7.5.1	电动势与自由能变的关系	101
7.5.2	电动势与平衡常数的关系	101
7.6	影响电极电势大小的因素	102
7.6.1	能斯特方程	102
7.6.2	氧化型、还原型离子浓度对 E 的影响	103
7.6.3	酸度对 E 的影响	103
7.6.4	沉淀生成对 E 的影响	104
7.7	电极电势的应用	105
7.7.1	元素电势图及其应用	105
7.7.2	电势-pH 图及其应用	105
7.7.3	判断氧化还原反应进行的方向	107
7.7.4	求反应的平衡常数	108
第 2 篇 物质结构基础		
第 8 章	原子结构与元素周期律	115
8.1	经典的原子结构模型	115
8.1.1	古希腊的原子概念	115
8.1.2	道尔顿的原子论	115
8.1.3	原子模型的早期探索与发现	116
8.1.4	卢瑟福的原子核式模型	117
8.2	玻尔氢原子结构理论和微观粒子运动规律	118
8.2.1	氢原子光谱与玻尔的原子模型	118
8.2.2	电子的波粒二象性	120
8.2.3	微观粒子的测不准原理	121
8.3	核外电子运动状态的描述	122
8.3.1	主量子数 n	123
8.3.2	角量子数 l	123
8.3.3	磁量子数 m	124
8.3.4	自旋量子数 m_s	124
8.4	原子核外电子的排布与元素周期律	125
8.4.1	原子核外电子的排布	125
8.4.2	元素周期律	129
第 9 章	共价分子结构与共价键理论	136
9.1	路易斯电子配对理论	136
9.2	现代价键理论	137
9.2.1	现代价键理论的提出	137
9.2.2	现代价键理论的基本要点	138
9.2.3	杂化轨道理论	141

9.2.4 价层电子对互斥理论	146
9.3 分子轨道理论	148
9.3.1 分子轨道理论的基本要点	148
9.3.2 原子轨道线性组合成分子轨道的原则	149
9.3.3 同核双原子分子的分子轨道能级图	150
9.3.4 异核双原子分子的分子轨道能级图	151
9.4 键参数	152
9.4.1 键级	152
9.4.2 键能	152
9.4.3 键长	153
9.4.4 键角	153
第 10 章 晶体结构	157
10.1 晶体结构基础知识	157
10.1.1 晶体与非晶体的结构特点	157
10.1.2 晶系与晶格	157
10.1.3 晶体的类型	158
10.2 离子键与离子晶体	159
10.2.1 离子键	159
10.2.2 离子晶体	163
10.2.3 离子的极化与变形	165
10.3 分子间力与分子晶体	168
10.3.1 分子的极性与磁性	168
10.3.2 分子间作用力	170
10.3.3 氢键	171
10.4 金属键与金属晶体	173
10.4.1 金属键与金属原子的堆积方式	173
10.4.2 金属键理论	173
10.5 原子晶体与混合型晶体	175
第 11 章 配位化学基础	179
11.1 配合物的基本概念	179
11.1.1 配合物的定义	179
11.1.2 配合物的组成	180
11.1.3 配合物的命名	182
11.1.4 配合物的类型	184
11.2 配合物的异构现象	185
11.2.1 立体异构	185
11.2.2 结构异构	187
11.3 配合物的价键理论	188
11.3.1 配合物价键理论的基本要点	188

11.3.2	内轨型配合物与外轨型配合物	190
11.3.3	配合物中的反馈 π 键	193
11.4	配合物的晶体场理论	194
11.4.1	晶体场理论的基本要点	194
11.4.2	中心原子或离子的 d 轨道能级分裂	194
11.4.3	影响中心原子或离子 d 轨道分裂能的因素	197
11.4.4	电子成对能	199
11.4.5	晶体场稳定化能	200
11.4.6	晶体场理论的应用	200
11.5	配位平衡	203
11.5.1	配合物的形成常数	203
11.5.2	配位平衡的移动	205

第 3 篇 元素化合物

第 12 章	s 区元素	215
12.1	s 区元素概述	215
12.1.1	元素的存在形式	215
12.1.2	碱金属和碱土金属的通性	215
12.2	碱金属和碱土金属的单质	217
12.2.1	单质的冶炼	217
12.2.2	单质的物理性质	218
12.2.3	单质的化学性质	219
12.3	碱金属和碱土金属的化合物	220
12.3.1	氧化物和氢氧化物	220
12.3.2	氢化物	224
12.3.3	盐类	224
第 13 章	p 区元素(一)	232
13.1	硼、铝	232
13.1.1	硼单质的结构	232
13.1.2	硼、铝单质的制备	233
13.1.3	硼、铝单质的化学性质与用途	235
13.1.4	硼的化合物	236
13.1.5	铝的化合物	240
13.2	镓、铟、铊	242
13.2.1	镓、铟、铊的单质	242
13.2.2	镓、铟、铊的主要化合物	242
13.3	碳、硅、锗、锡、铅	244
13.3.1	碳、硅的单质	244
13.3.2	碳、硅的化合物	246

13.3.3 锗、锡、铅的单质及其化合物	253
第 14 章 p 区元素(二)	262
14.1 氮族元素	262
14.1.1 氮及其化合物	263
14.1.2 磷及其化合物	270
14.1.3 砷、锑、铋及其化合物	276
14.2 氧族元素	281
14.2.1 氧族元素概述	281
14.2.2 自然界中的氧元素	281
14.2.3 硫的单质与化合物	286
14.3 卤族元素	296
14.3.1 卤族元素的通性	296
14.3.2 卤族元素的单质	297
14.3.3 卤族元素的化合物	302
14.4 无机酸强度的变化规律	311
14.4.1 影响无机酸强度的直接因素	311
14.4.2 氢化物酸性强弱的变化规律	311
14.4.3 含氧酸酸性强弱的变化规律	312
第 15 章 ds 区元素	318
15.1 铜副族	318
15.1.1 铜族元素的原子结构与性质	318
15.1.2 铜族元素的单质	318
15.1.3 铜族元素的化合物	320
15.2 锌副族	327
15.2.1 锌族元素的原子结构与性质	327
15.2.2 锌族元素的单质	328
15.2.3 锌族元素的化合物	329
第 16 章 d 区元素	336
16.1 d 区元素概述	336
16.1.1 d 区元素原子的电子构型	336
16.1.2 d 区元素的通性	336
16.1.3 d 区元素在自然界的存在形式	336
16.2 钛副族	338
16.2.1 单质钛	338
16.2.2 钛的化合物	339
16.3 钒副族	341
16.3.1 钒副族的单质	341
16.3.2 钒的氧化物和钒酸盐	341
16.4 铬副族	343

16.4.1	铬、钼、钨单质的制备与性质	343
16.4.2	铬的化合物	345
16.4.3	钼和钨的化合物	348
16.5	锰副族	349
16.5.1	锰副族单质的冶炼	349
16.5.2	锰的单质和化合物	350
16.6	铁系元素	354
16.6.1	铁系元素的单质	354
16.6.2	铁系元素的化合物	356
16.7	铂系元素	366
16.7.1	铂系元素的单质	366
16.7.2	铂系元素的化合物	368
第 17 章	镧系和锕系元素	373
17.1	镧系元素	373
17.1.1	镧系元素的分布	373
17.1.2	镧系元素的制备和用途	373
17.1.3	镧系元素的性质	374
17.1.4	镧系元素的化合物	376
17.2	锕系元素	377
17.2.1	锕系元素与镧系元素的相似之处	378
17.2.2	锕系元素的氧化态和离子的颜色	378
17.2.3	锕系元素的离子半径和配位数	379
17.2.4	锕系元素的氧化还原反应	379
附录		382
附录 1	常用物理化学常数	382
附录 2	无机化合物的标准热力学数据(298 K)	382
附录 3	常见无机酸、有机酸在水溶液中的解离常数(298 K)	394
附录 4	常见无机碱、有机碱在水溶液中的解离常数(298 K)	395
附录 5	难溶化合物的溶度积常数	396
附录 6	标准电极电势(298 K)	398
附录 7	元素的第一电离能($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	406
附录 8	元素的电子亲和能($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	406
附录 9	元素的原子半径(pm)	407
附录 10	元素的电负性	408
附录 11	金属-无机配位体配合物的稳定常数	408
附录 12	常见离子和化合物的颜色	411

第1篇 化学基础知识与基本原理

第 1 章 气体与溶液

一般情况下，物质都有三态。例如，水的三态：冰、水和水蒸气，分别为固态、液态和气态。当然，物质还有其他两种存在形态，称为等离子态和超固态。处于等离子态的物质称为等离子体，处于超固态的物质称为超固体。本章主要讨论气态物质和溶液的一些基本性质。

1.1 气体状态方程

气体是物质三态中结构和性质最简单的聚集状态。气体有实际气体与理想气体之分，在现实中，理想气体是不存在的。当实际气体处于高温、低压状态时，分子间的距离较大，此时可以忽略气体分子自身的体积及气体分子之间的相互作用，把气体分子看作有质量的几何点，此时的实际气体可作为理想气体处理，这样就可以简化实际问题。本章及后续章节涉及的气体，凡不注明的都作为理想气体处理。

气体最基本的性质表现为无限膨胀性和无限掺混性。气体的体积(V)受热力学温度(T)、压力^①(p)及本身物质的量(n)的影响。人们经过多年的研究发现，对于某气态体系，在 p 、 V 、 n 、 T 之间存在一固定的关系，这就是气体状态方程。

1.1.1 理想气体状态方程及其应用

19 世纪初，意大利科学家阿伏伽德罗(A. Avogadro)提出：同温同压下，相同体积的任何气体含有相同数目的分子，这一规律被人们称为阿伏伽德罗定律，又称四同定律。1860 年原子-分子论确立后，科学家用多种方法测定了物质的量 n 为 1 mol 时所含有的分子数，即 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ， N_A 称为阿伏伽德罗常量。而在标准状况下[理想气体的标准状况是指： $T = 273 \text{ K}$ ， $p = 101.3 \text{ kPa}$]，1 mol 理想气体的体积 $V_m = 22.4 \text{ dm}^3$ 。

19 世纪中叶，法国科学家克拉佩龙(B. P. Clapeyron)提出：一定量的气体，其体积和压力的乘积与热力学温度成正比。后经多位科学家的支持和提议，归结成如下的理想气体状态方程：

$$pV = nRT \quad (1-1)$$

式中， p 为气体的压力； V 为气体占有容器的体积； n 为气体分子的物质的量； T 为体系的热力学温度； R 为摩尔气体常量，其数值和量纲取决于 p 、 V 的量纲，常用的几种常数和量纲见表 1-1。

^① 在物理学中压强是指单位面积上所承受的压力，但在化学上压力就是指压强。在国际单位制中压力和压强含义相同，本书统一使用“压力”的概念。

表 1-1 摩尔气体常量的几种常用数值和量纲

p	V	R
atm	L	$0.08206 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Pa	m^3	$8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
kPa	dm^3	$8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

注：1 atm = 101.3 kPa； $T(\text{K}) = 273 + t(^{\circ}\text{C})$ ；1 mL = 1 cm³ = 10⁻³ L = 10⁻³ dm³ = 10⁻⁶ m³；1 m = 10² cm = 10³ mm = 10⁶ μm = 10⁹ nm = 10¹² pm；1 J = 1 N · m = 1 (N/m²) · m³ = 1 Pa · m³。

根据式(1-1)，可以导出

$$pV = nRT = \frac{m}{M} RT$$
$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{\rho}{p} RT \tag{1-2}$$

式中， m 为质量； M 为气体的摩尔质量； ρ 为气体的密度。如果密度 ρ 的量纲用 g · dm⁻³，则压力 p 的量纲用 kPa， R 的数值和量纲取 8.314 J · mol⁻¹ · K⁻¹。

例 1-1 惰性气体氙可以与氟形成多种氟化物 XeF _{n} 。353 K、15.6 kPa 时，实验测得某气态氟化氙的密度为 1.10 g · dm⁻³。试确定该氟化氙的分子式。

解 氟化氙的相对分子质量在数值上应该等于氟化氙的摩尔质量。

将题中数据代入式(1-2)得

$$M = \frac{\rho}{p} RT = \frac{1.10 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}}{15.6 \text{ kPa}} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 353 \text{ K} = 207 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

已知 Xe 的相对原子质量为 131，F 的相对原子质量为 19，则 131 + 19 n = 207， n = 4。该氟化氙的分子式为 XeF₄。

由此可见，只要在一定的温度和压力下测出某种气体的密度，就可以求算出该气体的摩尔质量(数值上等于相对分子质量)。但实验中发现，对大多数气体来说，在不同的温度和压力下测出的相对分子质量不同。根本原因在于，通常实验条件下实际气体与理想气体差别较大。只有在高温、低压下，实际气体接近于理想气体时，结果才比较令人满意。目前测定摩尔质量最理想的仪器是质谱仪。

1.1.2 道尔顿分压定律

几种相互间不发生化学反应的不同气体在同一容器中混合时，分子本身的体积和它们相互间的作用力都可以忽略不计，这就是理想气体混合物。组成混合气体的每种气体都称为混合气体的组分气体。

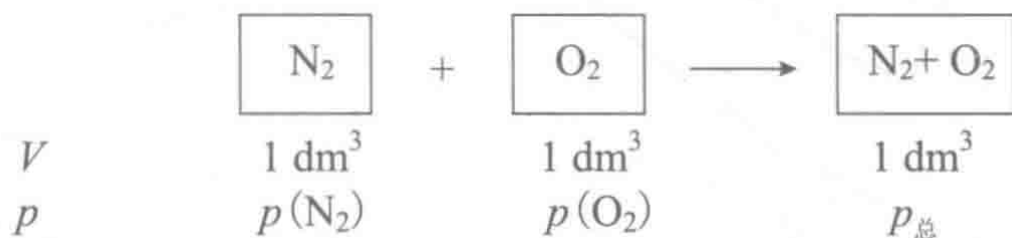
当混合前后各组分气体的温度保持不变时，混合气体中每一组分气体都能均匀地充满整个容器的空间，又互不干扰，如同单独存在于容器中一样。任一组分气体分子对器壁碰撞所产生的压力不因其他组分气体的存在而有所改变，与它独占整个容器时所产生的压力相同。

这时混合气体中组分气体所施加的压力称为该组分气体的分压。

对于理想气体来说,某组分气体的分压等于在相同温度下,该组分气体单独占有与混合气体相同体积时所产生的压力。

例如,一定温度下,将 1 mol O_2 放入 1 dm^3 容器中,其压力为 $p(\text{O}_2)$; 将 1 mol N_2 放入 1 dm^3 容器中,其压力为 $p(\text{N}_2)$ 。如果将 1 mol O_2 与 1 mol N_2 同时放入 1 dm^3 容器,体系的总压力 $p_{\text{总}}$ 为多少?

1801 年,英国化学家道尔顿(J. Dalton)指出,在一定温度下,当混合气体的体积与组分气体相同时,混合气体的总压等于各组分气体的分压之和。



$$p_{\text{总}} = \sum p_i = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots \quad (1-3)$$

式中, p_i 为第 i 种组分气体的分压。

组分气体的摩尔分数: 组分气体 i 的物质的量用 n_i 表示, 混合气体的物质的量用 n 表示, 组分气体 i 的摩尔分数用 x_i 表示, 则

$$n = \sum n_i, \quad x_i = \frac{n_i}{n}$$

根据理想气体状态方程, 不难推出

$$p_i = \frac{n_i RT}{V}, \quad p_{\text{总}} = \frac{n_{\text{总}} RT}{V}$$

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

$$p_i = p_{\text{总}} \cdot x_i \quad (1-4)$$

式(1-4)为道尔顿分压定律的另一表示式。

例 1-2 某温度下, 将 $2 \times 10^5\text{ Pa}$ 的 $3\text{ dm}^3\text{ O}_2$ 和 $3 \times 10^5\text{ Pa}$ 的 $1\text{ dm}^3\text{ N}_2$ 充入 6 dm^3 的真空容器中。求混合气体中各组分气体的分压及混合气体的总压。

解 $V_1(\text{O}_2) = 3\text{ dm}^3$, $p_1(\text{O}_2) = 2 \times 10^5\text{ Pa}$, $V_2(\text{O}_2) = 6\text{ dm}^3$

$$p_2(\text{O}_2) = \frac{p_1(\text{O}_2)V_1(\text{O}_2)}{V_2(\text{O}_2)} = \frac{2 \times 10^5\text{ Pa} \times 3\text{ dm}^3}{6\text{ dm}^3} = 1 \times 10^5\text{ Pa}$$

$$\text{同理: } p_2(\text{N}_2) = \frac{p_1(\text{N}_2)V_1(\text{N}_2)}{V_2(\text{N}_2)} = \frac{3 \times 10^5\text{ Pa} \times 1\text{ dm}^3}{6\text{ dm}^3} = 5 \times 10^4\text{ Pa}$$

$$p_{\text{总}} = p_2(\text{O}_2) + p_2(\text{N}_2) = 1 \times 10^5\text{ Pa} + 5 \times 10^4\text{ Pa} = 1.5 \times 10^5\text{ Pa}$$