



GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

• 高等职业教育教材 •

基础化学

JICHU HUAXUE

刘丹赤 主编



高等职业教育教材

基础化学

主 编 刘丹赤
副主编 王秀敏 靳桂双
参 编 徐玉兰 李 鹏
邹 芳 张 斌
主 审 臧剑甬

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基础化学/刘丹赤主编. —北京: 中国轻工业出版社,
2010. 6

高等职业教育教材

ISBN 978-7-5019-7580-8

I. ① 基… II. ① 刘… III. ① 化学—高等学校:
技术学校—教材 IV. ① 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 056574 号

责任编辑: 白 洁

策划编辑: 白 洁 责任终审: 滕炎福 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王超男 责任校对: 李 靖 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 16.5

字 数: 332 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7580-8 定价: 27.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlp.com.cn>

Email: club@chlp.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

90020J2X101ZBW

前 言

本教材是根据高职高专教育的培养目标，从高职学生的特点和认知规律出发，并结合编者多年来的教学与实践经验而编写的。本教材的编写坚持“必需、够用”的原则，充分考虑高职高专教学的特点，精心遴选无机、分析、有机的知识点有机整合而成。本书可作为高职高专食品类、生物技术类等相关专业的教材，也可供轻纺、环保等专业选用。

在本教材的编写过程中，着重突出以下特色：

1. 满足专业需要，突出实用性。本教材结合食品、生物技术类专业对化学知识的需求，将原来的无机化学、分析化学、有机化学的内容进行融通和整合，对实用性不强的内容进行删减，在保证学生掌握基本知识、基本理论、基本技能的前提下，注重理论与实践的结合。

2. 知识结构合理，符合学生的认知规律。本教材内容深广度适中，降低起点和难度，避开了烦琐的公式推导，删减了过深的反应机理，力求重点突出、概念准确、语言简练、深入浅出，方便学生自学。

3. 本教材编写结构上包括学习要求、本章小结、习题等，便于学生复习、巩固和提高，也便于学生知识面的拓宽，是一本具有鲜明特色的高职高专类基础课程教材。教材中穿插了有助于提高学生学习兴趣的思考题和练习题，这些插入问题具有启发性和趣味性，有助于对整体教学目标的理解与把握。

本教材共九章，内容包括：化学基础知识，酸碱平衡与酸碱滴定法，沉淀溶解平衡与沉淀分析法，氧化还原平衡与氧化还原滴定法，配位平衡与配位滴定法，s区、d区、ds区元素及其化合物，p区元素及其化合物，烃类化合物，烃的衍生物等。

本书由刘丹赤（日照职业技术学院）主持编写与统稿，并编写第一章、第二章，靳桂双（日照职业技术学院）编写第三章，张斌（广西工商职业技术学院）编写第四章，李鹏（日照职业技术学院）编写第五章，王秀敏（日照职业技术学院）编写第六章、第七章，徐玉兰（烟台职业技术学院）编写第八章，邹芳（潍坊职业学院）编写第九章。全书由烟台职业技术学院臧剑甬主审。

由于时间仓促和编者水平有限，书中难免有不妥或错误之处，恳请使用本教材的广大读者予以指正，以便及时修订。

编 者

目 录

第一章 化学基础知识	1
第一节 溶液组成的表示方法	1
一、物质的量浓度	1
二、质量摩尔浓度	2
三、溶质的质量分数	2
四、滴定度	2
五、溶液浓度的换算和配制	3
第二节 元素周期律和元素周期表	4
一、周期	4
二、族	4
三、区	5
第三节 化学平衡	5
一、化学平衡	5
二、标准平衡常数	5
三、多重平衡规则	6
四、有关化学平衡的计算	7
五、化学平衡的移动	8
第四节 滴定分析概述	9
一、滴定分析的基本概念	10
二、滴定分析法对化学反应的要求与滴定方式	10
三、标准溶液和基准物质	11
本章小结	12
习题	12
第二章 酸碱平衡与酸碱滴定法	15
第一节 酸碱的质子理论	15
一、酸碱的定义	15
二、酸碱反应	16
三、酸碱解离常数	16
第二节 酸碱解离平衡和溶液 pH 的计算	18
一、一元弱酸碱溶液 pH 的计算	18
二、多元弱酸碱溶液 pH 的计算	19

三、两性物质溶液 pH 的计算	20
四、同离子效应和盐效应	20
第三节 缓冲溶液	21
一、缓冲溶液的组成及作用原理	21
二、缓冲溶液的 pH 计算	21
三、缓冲溶液的选择和配制	22
第四节 酸碱滴定法	22
一、酸碱指示剂	22
二、酸碱滴定曲线与指示剂的选择	24
三、酸碱滴定法的应用	29
本章小结	33
习题	33
第三章 沉淀溶解平衡与沉淀分析法	37
第一节 沉淀溶解平衡	37
一、溶度积常数	37
二、溶度积常数与溶解度的换算	38
第二节 溶度积规则及其应用	39
一、溶度积规则	39
二、沉淀的生成	39
三、分步沉淀	40
四、沉淀的溶解	42
第三节 沉淀滴定法	44
一、莫尔法	44
二、佛尔哈德法	45
三、沉淀滴定法的应用	46
第四节 重量分析法	47
一、重量分析法的分类和特点	47
二、重量分析对沉淀形式和称量形式的要求	48
三、重量分析结果的计算	48
本章小结	51
习题	51
第四章 氧化还原平衡与氧化还原滴定法	54
第一节 氧化还原反应	54
一、氧化还原反应的基本概念	54
二、氧化还原反应方程式的配平	55
第二节 原电池和电极电势	56

一、原电池	56
二、电极电势	58
三、能斯特方程	59
第三节 电极电势的应用	60
一、比较氧化剂和还原剂的相对强弱	60
二、判断氧化还原反应进行的方向	61
三、判断氧化还原反应进行的程度	62
第四节 氧化还原滴定法	63
一、氧化还原滴定曲线	63
二、指示剂	63
三、常用的氧化还原滴定法	64
本章小结	70
习题	70
第五章 配位平衡与配位滴定法	76
第一节 配位化合物	76
一、配合物的定义	76
二、配合物的组成	77
三、配合物的命名	78
第二节 配位平衡	79
一、配离子的稳定常数	79
二、有关配位平衡的计算	80
第三节 配位滴定法	81
一、EDTA 的性质及其配合物	82
二、副反应及条件稳定常数	84
三、配位滴定的基本原理	85
四、金属指示剂	88
五、配位滴定方式及应用	90
本章小结	93
习题	93
第六章 s 区、d 区、ds 区元素及其化合物	96
第一节 s 区元素	96
一、通性	96
二、s 区元素的重要化合物	98
第二节 d 区元素	101
一、d 区元素的特性	101
二、铬的重要化合物	102

三、锰的重要化合物	104
四、铁、钴、镍的重要化合物	106
第三节 ds 区元素	110
一、铜族元素	110
二、锌族元素	113
本章小结	117
习题	118
第七章 p 区元素及其化合物	122
第一节 卤族元素	123
一、卤族元素的通性	123
二、卤素单质	123
三、卤化氢和氢卤酸	125
四、卤化物	126
五、卤素的含氧酸及含氧酸盐	126
六、卤素离子的鉴定	129
第二节 氧族元素	130
一、通性	130
二、氧族元素的氢化物	130
三、硫的重要含氧化合物	132
第三节 氮族元素	134
一、通性	134
二、氮及其重要化合物	135
三、磷及其重要化合物	139
四、砷、锑、铋的重要化合物	140
第四节 碳族元素	141
一、通性	142
二、碳的重要化合物	142
三、硅的含氧化合物	143
四、锡、铅的重要化合物	144
第五节 硼族元素	146
一、硼的重要化合物	146
二、铝的重要化合物	147
本章小结	147
习题	148
第八章 烃类化合物	152
第一节 有机化学基础知识	152

一、有机化合物构造式的表示方法	152
二、有机化合物的特性	153
三、有机化合物的分类	154
第二节 烷烃	156
一、烷烃的通式、同系物和同分异构现象	157
二、烷烃的命名	158
三、烷烃的性质	160
第三节 烯烃	163
一、烯烃的同分异构	163
二、烯烃的命名	163
三、烯烃的性质	166
四、共轭二烯烃的化学性质	169
第四节 炔烃	171
一、炔烃的同分异构与命名	171
二、炔烃的性质	172
第五节 脂环烃	175
一、脂环烃的分类和命名	175
二、环烷烃的性质	176
第六节 芳香烃	178
一、单环芳烃的同分异构和命名	178
二、单环芳烃的化学性质	180
三、苯环上取代反应的定位规律	183
四、简单的稠环芳烃	185
本章小结	188
习题	191
第九章 烃的衍生物	195
第一节 卤代烃	195
一、卤代烃的分类和命名	195
二、卤代烃的性质	197
三、卤代烯烃与卤代芳烃	200
第二节 醇	201
一、醇的分类和命名	201
二、醇的性质	203
第三节 酚	206
一、酚的分类和命名	206
二、酚的性质	207

第四节 醚	210
一、醚的分类和命名	210
二、醚的性质	211
第五节 醛和酮	212
一、醛、酮的分类和命名	213
二、醛、酮的性质	215
第六节 羧酸	221
一、羧酸的分类和命名	221
二、羧酸的性质	223
第七节 羧酸衍生物	227
一、羧酸衍生物的命名	227
二、羧酸衍生物的性质	228
第八节 胺	231
一、胺的分类和命名	231
二、胺的性质	233
本章小结	236
习题	241
附录	245
附录一 常见弱电解质的解离常数 (298.15K)	245
附录二 常见难溶电解质的溶度积 (298.15K)	246
附录三 常见氧化还原电对的标准电极电势 (298.15K)	247
附录四 常见配离子的稳定常数 (298.15K)	250
附录五 元素周期表	251
主要参考书目	252

第一章 化学基础知识



学习要求

【知识目标】

掌握溶液浓度的表示方法；了解元素周期表的结构以及周期、族、区等概念，理解同周期、同主族元素性质递变规律；了解化学平衡的特征，掌握平衡常数的表示方法，掌握有关化学平衡及平衡移动的计算，了解浓度、压力、温度等因素对平衡移动的影响；了解滴定分析法的原理，理解基准物质应具备的条件，掌握标准溶液的配制和标定技术。

【技能目标】

能熟练地进行有关浓度的换算和溶液的配制；能描述元素周期表的结构，并指出金属、非金属在元素周期表中的位置；能用标准平衡常数表达式进行相关计算；能选择正确方法配制标准溶液。

第一节 溶液组成的表示方法

一定量溶剂或溶液中所含溶质的量称为溶液的浓度。溶液的浓度可以用不同的方法表示，下面介绍一些常用的溶液浓度的表示方法。

一、物质的量浓度

物质的量是表示物质数量的基本物理量，物质 B 的物质的量用符号 n_B 表示。物质的量的单位是摩尔，符号为 mol。

摩尔是含有相同数目的原子、分子、离子等微粒的集体。科学上把 $0.012\text{kg } ^{12}\text{C}$ 作标准来衡量原子集体， $0.012\text{kg } ^{12}\text{C}$ 含有的原子数就是阿佛伽德罗常数，用符号 N_A 表示，取其近似值为 6.02×10^{23} 。

摩尔是物质的量的单位，某物质如果含有阿佛伽德罗常数个微粒，这种物质就是 1mol。

在使用摩尔时，应指明基本单元。同一系统中的同一物质，所选的基本单元不同，则其物质的量也不同。例如，若分别用 NaOH ， $\frac{1}{2}\text{NaOH}$ 和 2NaOH 作基本

单元, 则相同质量的氢氧化钠的物质的量之间有如下关系:

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{1}{2} n_{\frac{1}{2}\text{NaOH}} = 2n_{2\text{NaOH}}$$

可见, 基本单元的选择是任意的, 既可以是实际存在的, 也可以根据需要人为设定。

B 的物质的量 n_{B} 可以通过 B 的质量和摩尔质量求算。B 的摩尔质量 M_{B} 定义为 B 的质量 m_{B} 除以 B 的物质的量 n_{B} , 单位是 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$$M_{\text{B}} = \frac{m_{\text{B}}}{n_{\text{B}}} \quad (1-1)$$

单位体积的溶液中所含溶质 B 的物质的量称为 B 的物质的量浓度。用 c_{B} 表示, 单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

$$c_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{V} \quad (1-2)$$

【例 1-1】用电子天平称取 1.2346g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 基准物质, 溶解后转移至 100.0mL 容量瓶中定容, 试计算 $c_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}$ 。

解: 已知 $m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 1.2346\text{g}$ $M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 294.18\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$c_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \cdot V} = \frac{1.2346\text{g}}{294.18\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 100.0\text{mL} \times 10^{-3}} = 0.04197\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

二、质量摩尔浓度

溶液中溶质 B 的物质的量除以溶剂的质量, 称为物质 B 的质量摩尔浓度, 用符号 b_{B} 表示, 单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

$$b_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{m_{\text{A}}} \quad (1-3)$$

【例 1-2】50g 水中溶解 0.585g NaCl, 求此溶液的质量摩尔浓度。

解: NaCl 的摩尔质量 $M_{\text{NaCl}} = 58.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\begin{aligned} b_{\text{NaCl}} &= \frac{n_{\text{NaCl}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{M_{\text{NaCl}} \cdot m_{\text{H}_2\text{O}}} \\ &= \frac{0.585\text{g}}{58.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 50\text{g} \times 10^{-3}} = 0.2\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1} \end{aligned}$$

三、溶质的质量分数

溶液中溶质的质量除以溶液的质量, 称为物质的质量分数, 符号 w_{B} , 通常用百分比表示。

$$w_{\text{B}} = \frac{m_{\text{B}}}{m} \quad (1-4)$$

四、滴定度

在实际工作中, 例如工厂实验室经常需要对大量试样测定其中同一组分的含

量。在这种情况下，常用滴定度来表示标准溶液的浓度，这样计算待测组分的含量就比较方便，只要把滴定时所用标准溶液的毫升数乘以滴定度，就可得到被测物质的含量。

滴定度是指每毫升标准溶液相当于被测物质的质量，以符号 T 表示，单位 $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

例如，用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法测定铁时，若每毫升 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 标准溶液可滴定 0.005585g 铁，则此 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液的滴定度是 $0.005585\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。若某次滴定用去此标准溶液 20.00mL ，则此试样中铁的质量为 $20.00 \times 0.005585 = 0.1117\text{g}$ 。

五、溶液浓度的换算和配制

在实际工作中，我们常常需要配制一定浓度的溶液。溶液的配制一般有两种情况：一是将固体物质配制成溶液；另一种是用浓溶液配制稀溶液。无论哪种情况，都应遵守“溶液配制前后溶质的量保持不变”的原则。

1. 质量分数和物质的量浓度的换算

质量分数与物质的量浓度换算的桥梁是密度，以质量不变列等式。若某溶液中溶质的质量分数为 w_B ，物质的量浓度为 c_B ， B 的摩尔质量为 M ，密度为 ρ ，则

$$c_B \cdot M = \rho \times 1000 \times w_B$$

即

$$c_B = \frac{\rho \times 1000 \times w_B}{M} \quad (1-5)$$



【练一练】

下列溶液为实验室和工业常用的试剂，计算出它们的物质的量浓度。

- ① 盐酸，含 HCl 37%，密度为 $1.19\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ；
- ② 硫酸，含 H_2SO_4 98%，密度为 $1.84\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ；
- ③ 硝酸，含 HNO_3 71%，密度为 $1.42\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

2. 浓溶液稀释

溶液稀释前后溶质的量不变，只是溶剂的量改变了，因此根据溶质的量不变原则列等式。若稀释前溶液的浓度为 c_1 ，体积为 V_1 ，稀释后溶液的浓度为 c_2 ，体积为 V_2 ，就存在下面的稀释公式

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \quad (1-6)$$

【例 1-3】 欲配制 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸溶液 400mL ，需浓度为 37%、密度 $1.19\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的浓盐酸多少毫升？

解：

$$c_{\text{HCl}} = \frac{1.19 \times 1000 \times 37\%}{36.5} \approx 12\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$$

则

$$V_1 = \frac{c_2 V_2}{c_1} = \frac{0.1 \times 400}{12} = 3.33 \text{ mL}$$



【练一练】

1. 配制 400 mL 0.2 mol · L⁻¹ 的 NaOH 500 mL 溶液，需称取固体氢氧化钠多少克？如何配制？
2. 配制 4 mol · L⁻¹ 的 H₂SO₄ 溶液 500 mL，需要浓度为 98%、密度为 1.84 g · mL⁻¹ 的浓硫酸多少毫升？如何配制？

第二节 元素周期律和元素周期表

元素的性质随着原子序数的递增而呈周期性的变化，这个规律称为元素周期律。

根据元素周期律，把现在已知元素中电子层数相同的各种元素，按原子序数递增的顺序从左至右排成横行，再把不同横行中最外层电子数相同的元素按电子层数递增的顺序由上而下排成纵行，这样得到的表称为元素周期表。元素周期表是元素周期律的具体表现形式，它反映了元素间相互联系和变化的规律。

一、周期

元素周期表有 7 个横行，也就是 7 个周期。具有相同的电子层数而又按照原子序数递增顺序排列的一系列元素，称为一个周期。周期的序数就是该周期元素原子具有的电子层数。每一周期都是从碱金属开始，以稀有气体元素结束，呈现周期性变化。

各周期元素的数目不一定相同。第一周期里只有 2 种元素，第二、三周期里各有 8 种元素。第一、二、三周期都属于短周期。第四、五周期里各有 18 种元素，第六周期里有 32 种元素。第四、五、六周期属于长周期。第七周期到目前为止只发现了 26 种元素，还没有填满，称为不完全周期。

从第六周期中的 57 号元素镧到 71 号元素镥，共 15 种元素，它们的电子层结构和性质非常相似，总称镧系元素。第七周期中也有一组类似的锕系元素。为了使周期表的结构紧凑，将它们按原子序数递增顺序分列两行排在周期表的下方。

二、族

周期表有 18 个纵行，除第八、九、十三个纵行称为Ⅷ族元素外，其余 15 个纵行，每个纵行标作一族，共 16 个族。族又有主族和副族之分。由短周期元素

和长周期元素共同构成的族，称为主族，用ⅠA、ⅡA……ⅦA表示；完全由长周期元素构成的族，称为副族，用ⅠB、ⅡB……ⅦB表示。稀有气体元素的化学性质很不活泼，在通常状况下难以与其他物质发生化学反应，把它们的化合价看作为0，因而第18纵行称为0族。

元素周期表的中部从ⅢB族到ⅡB族10个纵行，包括了全部副族元素，共60多种元素，统称为过渡元素。这些元素都是金属，所以又把它们称为过渡金属。

三、区

根据原子的电子层结构的特征，可以把周期表中的元素所在的位置分为五个区。

- (1) s区元素，包括ⅠA、ⅡA族元素。
- (2) p区元素，从第ⅢA族到第0族元素。
- (3) d区元素，从第ⅢB族到第Ⅷ族元素。
- (4) ds区元素，包括第ⅠB、ⅡB族。
- (5) f区元素，包括镧系和锕系元素。

第三节 化学平衡

一、化学平衡

在一定条件下，一个反应既可按反应方程式从左向右进行，又可从右向左进行，称为反应的可逆性。几乎所有的反应都是可逆的，反应的可逆性是化学反应的普遍特性。

对于可逆反应，随着正、逆反应的进行，一定时间后，必然会出现正、逆反应速率相等，反应物和产物的浓度不再随时间而改变的状态，称为化学平衡。

化学平衡有两个特征：

(1) 化学平衡是一种动态平衡。表面上看来反应似乎已停止，实际上正逆反应仍在进行，只是正逆反应速率相等，各物质的浓度不再改变。

(2) 化学平衡是相对的、有条件的平衡。当外界条件改变时，原有的平衡即被破坏，直到在新的条件下建立新的平衡。

二、标准平衡常数

实验表明，对于可逆反应在一定温度下达到平衡时各生成物的浓度（或压力）的幂的乘积与反应物浓度（或压力）的幂的乘积之比是一个常数。

例如，对于反应
$$mA + nB \rightleftharpoons pC + qD$$

在一定温度下达到平衡时, 若为气体反应

$$K^{\ominus} = \frac{(p_C/p^{\ominus})^p (p_D/p^{\ominus})^q}{(p_A/p^{\ominus})^m (p_B/p^{\ominus})^n}$$

若为溶液中进行的反应

$$K^{\ominus} = \frac{(c_C/c^{\ominus})^p (c_D/c^{\ominus})^q}{(c_A/c^{\ominus})^m (c_B/c^{\ominus})^n}$$

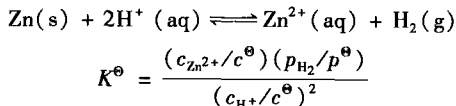
$K^{\ominus}$ 称为标准平衡常数。书写标准平衡常数时, 每种溶质的平衡浓度项均应除以标准浓度, 每种气体物质的平衡分压项均应除以标准压力。也就是对于溶液用相对浓度表示, 对于气体物质用相对分压表示。其中标准压力 $p^{\ominus} = 100\text{kPa}$, 标准浓度 $c^{\ominus} = 1.0\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

平衡常数是可逆反应的特征常数, 其数值的大小表明了在一定条件下反应进行的程度。对同类反应来说, $K^{\ominus}$ 越大, 反应进行得越完全。

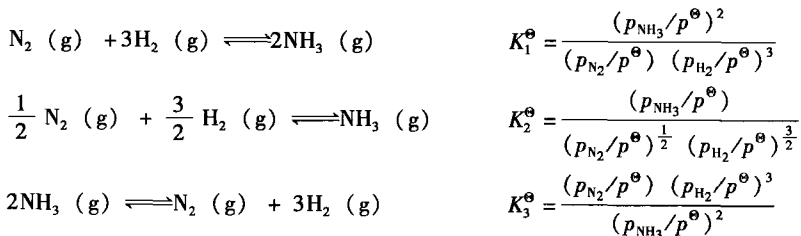
书写标准平衡常数表达式时, 应注意以下几点:

① 写入平衡常数表达式中各物质的浓度或分压, 必须是在系统达到平衡状态时相应的值。气体只可用分压表示, 这与气体规定的标准状态有关。

② 有纯固体、纯液体及稀溶液中的溶剂参与反应时, 它们的浓度视为 1, 不必写入标准平衡常数表达式中。例如



③ 标准平衡常数表达式必须与化学方程式相对应, 同一化学反应, 方程式的书写不同时, 其标准平衡常数的数值也不同。例如



三者的表达式不同, 但存在如下关系: $K_1^{\ominus} = (K_2^{\ominus})^2 = 1/K_3^{\ominus}$

注: 化学式中, (s)、(l)、(g) 或 (aq) 分别表示固体、液体、气体或溶液。

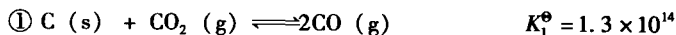
三、多重平衡规则

如果一个化学反应式是若干相关化学反应式的代数和, 在相同的温度下, 这个反应的平衡常数就等于它们相应的平衡常数的积 (或商), 这个规则称为多重平衡规则。

多重平衡规则在平衡的运算中很重要, 当某化学反应的平衡常数难以测得,

或不易从文献中查得时,可利用多重平衡规则通过相关的其他化学反应方程式的平衡常数进行间接计算获得。

【例 1-4】 已知下列反应在 1123K 时的平衡常数



计算反应③ $2\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{Cl}_2(\text{g})$ 在 1123K 的平衡常数 $K^\ominus$ 。

解:

$$\text{式③} = -\text{式①} - \text{式②} \times 2$$

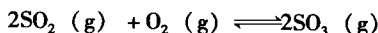
$$\text{由多重平衡规则} \quad K_3^\ominus = 1/K_1^\ominus \times 1/(K_2^\ominus)^2 = 2.1 \times 10^{-10}$$

四、有关化学平衡的计算

1. 由平衡浓度(或分压)计算平衡常数

【例 1-5】 1000K 时,将 1.00mol SO_2 与 1.00mol O_2 充入容积为 5.00L 的密闭容器中,平衡时有 0.85mol $\text{SO}_3(\text{g})$ 生成,求 1000K 时的 $K^\ominus$ 。

解:



起始量/mol 1.00 1.00 0.00

平衡量/mol 0.15 0.575 0.85

$$\text{各物质分压} \quad p_{\text{SO}_3} = \frac{n_{\text{SO}_3}RT}{V} = \frac{0.85 \times 8.314 \times 1000}{5.00 \times 10^{-3}} = 1.41 \text{ MPa}$$

$$p_{\text{SO}_2} = \frac{n_{\text{SO}_2}RT}{V} = \frac{0.15 \times 8.314 \times 1000}{5.00 \times 10^{-3}} = 0.249 \text{ MPa}$$

$$p_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{O}_2}RT}{V} = \frac{0.575 \times 8.314 \times 1000}{5.00 \times 10^{-3}} = 0.956 \text{ MPa}$$

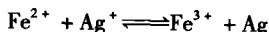
$$K_{1000\text{K}}^\ominus = \frac{(p_{\text{SO}_3}/p^\ominus)^2}{(p_{\text{SO}_2}/p^\ominus)^2 (p_{\text{O}_2}/p^\ominus)} = \frac{(1.41/0.1)^2}{(0.249/0.1)^2 \times (0.956/0.1)} = 3.35$$

2. 计算平衡浓度、平衡转化率

平衡转化率是指反应达到平衡时,某反应物转化为生成物的百分率,常用 α 表示。

$$\alpha = \frac{\text{平衡时某反应物已转化的量}}{\text{该反应物的初始量}} \times 100\%$$

【例 1-6】 硝酸银和硝酸亚铁两种溶液发生下列反应



在 25℃ 时,将硝酸银和硝酸亚铁溶液混合,开始时溶液中 Ag^+ 和 Fe^{2+} 浓度都为 $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,达到平衡时 Ag^+ 的转化率为 19.4%。求:① 平衡时 Fe^{2+} 、 Ag^+ 、 Fe^{3+} 的浓度;② 该温度下的平衡常数。

解:①

