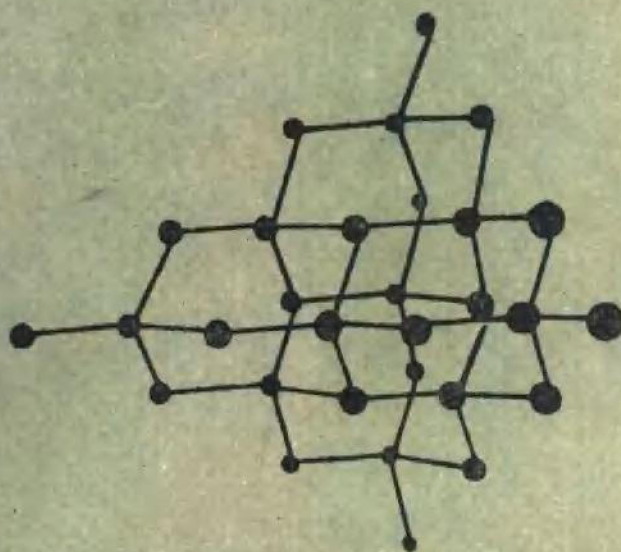


无机及分析化学

叶锡模 叶立扬 编著



中央广播电视大学出版社

无机及分析化学

叶锡模 叶立扬 编著

中央广播电视大学出版社

无机及分析化学

叶锡模 叶立扬 编著

中央广播电视大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19.5 千字 432

1987年7月第1版 1988年4月第1次印刷

印数 1—14,000

定价 3.55 元

ISBN 7-304-00197-6/O·14

内 容 提 要

本书为中央广播电视大学教学需要而编写,适合农业类各专业使用。

全书共分十三章,简明论述无机化学基本原理和滴定分析法;仪器分析主要讲授比色分析法、分光光度法和电位分析法;胶体化学和元素部分仅作扼要选述;化学热力学基础作为阅读材料。

本书及其配套教材《无机及分析化学自学指导及实验》还可供一般农科院校、函授大学、业余大学、自学者选用或参考。

前 言

本书为中央广播电视大学教学需要而编写,根据广播电视教学特点,教材力求深入浅出,通俗易懂,便于自学。每章开头列有“内容提要”,每章结尾附列“本章小结和基本要求”。

本书按教学学时数93学时编写(其中实验教学30学时)。在选材上,理论联系实际,重视基本原理、基本知识和基本操作技能的培养。在叙述上,简明扼要,注意启发性。通过本课程的学习,培养学生严谨的科学态度,并为学习后继课程和进行专业工作奠定良好的无机及分析化学基础。

全书采用国家法定计量单位,用“物质的量”及其单位摩尔(mol)来处理化学反应中物质间量的关系。在内容编排上,尽量将无机化学内容与滴定分析内容紧密结合。对仪器分析部分主要讲授比色分析法、分光光度法和电位分析法。并适当编排胶体化学和元素选述有关内容。为后继课程奠定基础,还编入化学热力学基础作为阅读材料。书中凡标以“阅读材料”的内容,不属教学基本要求。

本书第一、二、三、四、九、十、十一、十三章由叶锡模执笔,第五、六、七、八、十二章由叶立扬执笔,全书最后由叶锡模修改定稿。

本书承蒙北京农业大学陈建成和朱寿珩两位教授审阅和指导,编者表示衷心地感谢。

承蒙中央广播电视大学陶水龙同志参加本书编写大纲的制定和全书定稿工作,并提出很多宝贵意见;承蒙浙江农业大学贾之慎和王惟咨同志的热心帮助和支持,对本书编写作了不少具体工作,编者在此一并表示由衷地感谢。

由于编者水平有限,加上编写时间仓促,书中不妥甚至错误之处,敬希广大读者批评指正。

编 者

一九八七年七月于杭州

目 录

第一章 溶液和胶体	1
§ 1-1 分散系	1
§ 1-2 溶液	2
2-1 物质的量	3
2-2 摩尔质量	3
2-3 溶液的组成量度	4
2-4 稀溶液的依数性	5
2-5 强电解质溶液	10
§ 1-3 胶体溶液	15
3-1 溶胶的制备	15
3-2 溶胶的性质	16
3-3 溶胶的结构	18
3-4 溶胶的稳定性和聚沉	20
§ 1-4 高分子化合物溶液和凝胶	21
4-1 高分子化合物溶液	21
4-2 高分子溶液的盐析和保护作用	22
4-3 凝胶	22
§ 1-5 表面活性物质和乳浊液	23
5-1 表面活性物质	23
5-2 乳浊液	23
本章小结和基本要求	25
习题	26
第二章 化学反应速度和化学平衡	28
§ 2-1 化学反应速度	28
1-1 反应速度的表示方法	28
1-2 基元反应和质量作用定律	30
§ 2-2 影响反应速度的因素	31
2-1 温度对反应速度的影响	31
2-2 浓度对反应速度的影响	33
2-3 催化剂对反应速度的影响	33
§ 2-3 化学平衡	34
3-1 化学反应的可逆性和化学平衡	34
3-2 化学平衡	34
3-3 化学平衡的移动	37
本章小结和基本要求	40

习题二	41
第三章 物质结构和分子的形成	43
§ 3-1 原子结构	43
1-1 原子的组成	43
1-2 原子核外电子的运动状态	44
1-3 原子核外电子的排布	47
1-4 原子中电子的排布和元素周期系	49
1-5 元素的基本性质与原子结构的关系	53
§ 3-2 分子的形成	56
2-1 化学键	56
2-2 分子间的作用力和氢键	60
2-3 晶体结构	62
本章小结和基本要求	64
习题三	65
第四章 定量分析概论	66
§ 4-1 定量分析方法	66
1-1 定性分析和定量分析	66
1-2 定量分析的方法	66
§ 4-2 定量分析的一般程序	67
§ 4-3 定量分析的误差	68
3-1 准确度与误差	68
3-2 精密度与偏差	70
3-3 提高分析结果准确度的方法	72
3-4 可疑值的取舍	72
3-5 有效数字和运算规则	73
§ 4-4 滴定分析	74
4-1 等量点和终点	74
4-2 滴定分析法的分类	75
4-3 滴定分析法对化学反应的要求和滴定方式	75
4-4 标准溶液和基准物质	75
4-5 滴定分析的误差	76
4-6 滴定分析法的有关计算	77
本章小结和基本要求	79
习题四	80
第五章 弱电解质的电离平衡和酸碱滴定法	81
§ 5-1 弱电解质的电离平衡	81
1-1 强电解质和弱电解质	81
1-2 一元弱酸弱碱的电离平衡	81
1-3 多元弱酸弱碱的电离平衡	85
1-4 同离子效应和盐效应	86
§ 5-2 溶液的酸碱性	88

2-1	水的电离	88
2-2	溶液的 pH 值	88
2-3	盐类的水解	89
§ 5-3	缓冲溶液	94
3-1	缓冲溶液的组成和缓冲原理	94
3-2	缓冲溶液 pH 值的计算	95
3-3	缓冲溶液的缓冲能力	97
3-4	缓冲溶液的选择和配制	97
3-5	缓冲作用在生物等方面的重要意义	100
§ 5-4	酸碱滴定法概述	100
§ 5-5	酸碱指示剂	101
5-1	酸碱指示剂的变色原理	101
5-2	酸碱指示剂的变色范围	102
5-3	缩小指示剂的变色范围	103
§ 5-6	酸碱滴定曲线及指示剂的选择	104
6-1	一元酸碱滴定	104
6-2	多元弱酸滴定	108
6-3	多元弱酸盐的滴定	109
§ 5-7	酸碱标准溶液的配制和标定	110
7-1	酸碱标准溶液的配制	110
7-2	酸碱标准溶液的比较滴定	111
7-3	酸碱标准溶液的标定	111
§ 5-8	酸碱滴定法应用示例	113
8-1	直接滴定法	113
8-2	间接滴定法	116
	本章小结和基本要求	117
	习题五	119
第六章	多相离子平衡和沉淀滴定法	121
§ 6-1	溶度积原理	121
1-1	溶度积常数	121
1-2	溶度积规则	122
1-3	同离子效应	123
§ 6-2	沉淀的生成和溶解	124
2-1	沉淀的生成	124
2-2	沉淀的溶解	124
§ 6-3	分步沉淀和沉淀的转化	126
3-1	分步沉淀	126
3-2	沉淀的转化	126
§ 6-4	沉淀滴定法	127
4-1	沉淀滴定法简介	127
4-2	确定等量点的几种方法	127

§ 6-5 标准溶液的配制	131
5-1 AgNO_3 标准溶液的配制和标定	131
5-2 NH_4SCN 标准溶液的配制和标定	132
§ 6-6 银量法应用示例和计算	132
6-1 莫尔法测定生理盐水中 NaCl 的含量	132
6-2 银量法的计算	133
本章小结和基本要求	134
习题六	134
第七章 氧化还原反应和氧化还原滴定法	136
§ 7-1 氧化还原反应	136
1-1 氧化数	136
1-2 氧化剂和还原剂	137
1-3 氧化还原反应方程式的配平	138
§ 7-2 原电池和电极电位	139
2-1 原电池	139
2-2 电极电位	140
2-3 标准氢电极和标准电极电位	141
§ 7-3 氧化还原反应的方向和限度	144
3-1 影响电极电位的因素	144
3-2 氧化还原反应的方向	147
3-3 氧化还原反应进行的程度	148
3-4 元素标准电位图	148
§ 7-4 氧化还原滴定法	149
4-1 氧化还原滴定法简介	149
4-2 氧化还原滴定曲线与氧化还原指示剂	150
4-3 重铬酸钾法	155
4-4 高锰酸钾法	156
4-5 碘量法	159
本章小结和基本要求	161
习题七	161
第八章 配位平衡和配位滴定法	167
§ 8-1 配位化合物的基本概念	167
1-1 配合物的定义	167
1-2 配合物的组成	168
1-3 配合物的命名和化学式	169
1-4 配合物的价键理论	170
§ 8-2 配离子的配位离解平衡	172
2-1 配位离解平衡	172
2-2 配位离解平衡的移动	174
§ 8-3 螯合物	176
§ 8-4 配位滴定法	178

4-1 配位滴定法概述	178
4-2 金属离子指示剂	181
4-3 EDTA 标准溶液的配制	183
4-4 配位滴定法示例	184
本章小结和基本要求	185
习题八	186
第九章 比色分析法和分光光度法	188
§ 9-1 比色分析法和分光光度法的特点	188
§ 9-2 比色分析法和分光光度法的基本原理	189
2-1 互补色光	189
2-2 物质的颜色和对光的选择吸收	189
2-3 朗伯——比耳定律	191
§ 9-3 比色分析的方法及仪器	191
3-1 目视比色法	191
3-2 光电比色法	192
3-3 分光光度法	195
§ 9-4 显色反应和显色条件的选择	196
4-1 显色反应要求	196
4-2 显色条件的选择	197
§ 9-5 比色分析法和分光光度法的误差	198
§ 9-6 比色分析法和分光光度法的应用	199
6-1 标准系列法铁的比色测定	199
6-2 比色法铁和磷的测定	200
6-3 示差分光光度法	201
6-4 多组分的分析	202
本章小结和基本要求	203
习题九	203
第十章 电位分析法	205
§ 10-1 电位分析法的基本原理	205
1-1 测定依据	205
1-2 电极	206
1-3 电池电动势的测定	206
§ 10-2 电位法测定溶液的 pH 值	208
2-1 参比电极和指示电极	208
2-2 玻璃电极的膜电位	209
2-3 溶液 pH 值的测定	211
§ 10-3 电位滴定法	212
3-1 仪器装置	212
3-2 指示电极和参比电极	214
3-3 等量点的确定	214
本章小结和基本要求	216

习题十	217
第十一章 非金属元素选述	219
§ 11-1 卤素	219
1-1 概述	219
1-2 卤素单质	220
1-3 卤化氢和氢卤酸	221
1-4 卤化物	222
1-5 卤素的含氧酸及其盐	222
1-6 类卤素	224
§ 11-2 元素标准 电位图	225
§ 11-3 氧和硫	227
3-1 氧和臭氧	227
3-2 过氧化氢	228
3-3 硫的化合物	229
§ 11-4 氮、磷、砷	233
4-1 氮及其重要化合物	233
4-2 磷的重要化合物	236
4-3 砷的重要化合物	237
§ 11-5 碳、硅和硼	238
5-1 碳的重要化合物	238
5-2 硅的重要化合物	239
5-3 硼的重要化合物	240
本章小结和基本要求	242
习题十一	242
第十二章 金属元素选述	244
§ 12-1 钾、钠和钙、镁	244
1-1 氧化物	244
1-2 氢氧化物	245
1-3 盐类	246
§ 12-2 锡和铅	248
2-1 氧化物及其水化物	248
2-2 盐类	249
§ 12-3 铜、银和锌、汞	249
3-1 铜盐和银盐	249
3-2 锌盐和汞盐	250
§ 12-4 钒、铬、钼、锰	251
4-1 钒	251
4-2 铬和钼	252
4-3 锰	253
§ 12-5 铁和钴	255
5-1 铁和钴的重要化合物	255

5-2 铁和钴的配合物	256
本章小结和基本要求	257
习题十二	257
第十三章 化学热力学基础(阅读教材)	259
§ 13-1 几个基本概念和热力学第一定律	259
1-1 体系和环境	259
1-2 状态和状态函数	260
1-3 过程和途径	260
1-4 热力学第一定律	261
§ 13-2 焓和热化学方程式	261
2-1 焓	261
2-2 热化学方程式	262
§ 13-3 标准反应热	262
3-1 标准生成热	263
3-2 标准燃烧热	264
§ 13-4 吉布斯自由能	265
4-1 混乱度和熵	265
4-2 吉布斯自由能	266
4-3 标准生成自由能	267
4-4 吉布斯-亥姆霍兹公式	268
本章小结和基本要求	268
习题十三	269
附录一 中华人民共和国法定计量单位	270
附录二 弱酸、弱碱在水中的电离常数	273
附录三 溶度积常数(298.15K)	274
附录四 配离子的稳定常数(298.15K)	275
附录五 标准电极电位表(298.15K)	276
附录六 国际原子量表(1981)	279
附录七 常见化合物分子量表	281
附录八 物质的标准生成热、标准生成自由能和标准熵	282
附录九 四位对数表	284
附录十 元素周期表	286
习题答案	288
参考资料	291

第一章 溶液和胶体

内 容 提 要

1. 按分散质粒子大小分类,提出分子或离子分散系、胶体分散系和粗分散系。
2. 介绍物质的量及其单位摩尔和摩尔质量。
3. 介绍溶液的组成量度——物质的量浓度、质量摩尔浓度和物质的量分数。
4. 根据相平衡观点,讨论稀溶液的依数性。
5. 胶体分散系按分散质是分子的小集合体或是大分子,分别叙述胶体溶液和高分子物质溶液。
6. 粗分散系论述乳浊液的形成及其稳定性。

物质除了以气态、液态和固态的形式单独存在以外,还常以一种(或多种)物质分散于另一种物质中成为分散系的形式存在。溶液就是一种分散系。除溶液外,悬浊液、乳浊液和胶体溶液都属于液态分散系。这些液态分散系与农业、生物科学有着广泛的联系,因此,研究这些分散系,了解它们的性质,具有重要的实际意义。本章着重介绍稀溶液的通性和胶体分散系。

§ 1-1 分散系

科学研究上,常把选取的研究对象称为体系。在这种对象中包含有一定种类和一定数量的物质。

体系中物理性质和化学性质完全相同的任何均匀部分,且同其他部分有一定的界限分隔开来的叫做一个相。只含有一个相的体系叫做均匀体系或单相体系。例如,食盐溶液、碘酒等都只有一个相,所以都叫做单相体系。一个体系也可能有两个或更多的相,相和相之间都有界面分开,这种体系叫做不均匀体系或多相体系。例如,一杯水中浮有几块冰,水面上还有水蒸气,这就是一个三相的不均匀体系。相与态的概念不同,例如,油浮在水面上组成的体系,只有一个态(液态),但却有油和水两个相。

当一种或几种物质分散在另一种物质中所形成的体系,称为分散系。例如,粘土微粒分散在水中成为泥浆;酒精分子分散在水中成为酒精水溶液;氯化钠分散在苯中形成溶胶等等。分散系中被分散的物质称为分散质(或分散相);另一种物质叫分散剂(或分散介质)。

按照分散质粒子的大小,常把分散系分为三类,见表 1-1。

表 1-1 按分散质粒子大小分类的各种分散系

分子或离子分散系 (粒子直径小于1nm) ^①	胶 体 分 散 系 (粒子直径在 1~100nm 之间)		粗 分 散 系 (粒子直径大于100nm)
低分子物质溶液 (分散质是小分子)	高分子物质溶液 (分散质是大分子)	胶 体 溶 液 (分散质是分子的小集合体)	浊 液 (分散质是分子的大集合体)
最 稳 定	很 稳 定	尚 稳 定	不 稳 定
电子显微镜也不可见	超显微镜可觉察其存在		一般显微镜可见
能透过半透膜	能透过滤纸, 不能透过半透膜		不能透过紧密滤纸
单 相 体 系		多 相 体 系	

① 1 nm(纳米)= 10^{-9} m(米)

按粒子大小来分类,三种分散系之间虽然有明显的区别,但是没有截然的界限,三者之间的过渡是渐变的。实际上已经发现有些粒子直径为 500 nm 的分散系也表现出胶体的性质。

分散系可以分为溶液、浊液、胶体三类。胶体分散系又可分为胶体溶液和高分子物质溶液两类。前一类包括金、银等金属和许多不溶性的氢氧化物、卤化物、硫化物等。由于分散质粒子对分散剂亲和力较弱,所以胶体溶液又叫做憎液溶胶(简称溶胶)。后一类包括许多高分子化合物的水溶液,如淀粉、动物胶等。由于高分子化合物对分散剂有强烈的亲和力,所以高分子化合物溶液又叫做亲液溶胶。粗分散系包括悬浊液和乳浊液。悬浊液是固体分散质以微小颗粒分散在液体物质中形成的分散体系,自然界中混浊的河水就是悬浊液。乳浊液是液体分散质以微小珠滴分散在另一种液体物质中形成的分散体系。从油井中喷出的原油、橡胶的乳胶等都是乳浊液。溶液分散系是一种物质(溶质)以分子或离子的状态,均匀地分布在另一种物质(溶剂)中所得到的分散体系。溶液又叫低分子物质溶液,或真溶液。

在研究问题时,人们总是将溶液、悬浊液、乳浊液和胶体溶液分别进行讨论,实际上存在的分散系往往是比较复杂的,有的同时表现出分散系中二种或三种性质。例如,牛奶就是一个复杂的分散体系,牛奶的基本成分有水、脂肪、干酪质、乳糖等,其中脂肪以乳浊液的形式分散在水中,并且在牛奶静置时会逐渐地浮到面上(乳脂),干酪质以胶体溶液的形式存在于水中,且不会自行分离出来,但是当用醋来酸化牛奶时,它就很容易以奶渣的形式沉淀出来。当牛奶变酸时,才发生干酪质的离析,而乳糖是以分子状态溶于水,只有当水分蒸发时才会分离出来。

§1-2 溶 液

由两种或多种组分所组成的均匀体系叫做溶液。这个定义可以适用于任何聚集状态,包括气体混和物、液态溶液和固态溶液(固溶体)。一般所谓溶液是指液态溶液。所有的溶液都是由溶质和溶剂组成,通常把溶液中占有大部分的组分叫做溶剂,占小部分的组分叫做溶质。水是最常见的溶剂,水溶液也可简称为溶液。溶液的性质常与溶液中溶质和溶剂的相对含量有关。由

于许多化学反应都是在液态溶液中进行的,因此,对于溶液及溶液中物质的量的表示方法,不能不引起足够的重视。

2-1 物质的量

“物质的量”与长度(米 m)、质量(千克 kg)、时间(秒 s)等一样,是一个物理量,用符号 n 表示。

按国际单位制(SI),“物质的量”的单位为摩尔(mole)符号记作 mol。摩尔的定义是:一物系中所包含的微观基本单元的数目,与 $0.012\text{ kg }^{12}\text{C}$ 核素中所含的碳原子数目相等(含 6.023×10^{23} 个碳原子,即阿佛加德罗常数 N_A)。则此物系的“物质的量”为 1 mol。

应该注意,使用“物质的量”及其单位摩尔时,必须同时指明“基本单元”。对于“基本单元”能用物质的化学式或粒子符号表示的一定要注明化学式或粒子符号。例如:“1 mol(H_2)”表示的“基本单元”是(H_2),即含 N_A 个 H_2 (氢分子);“1 mol(2H_2)”表示的“基本单元”是(2H_2),即含有 N_A 个(2H_2);“1 mol($\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}$)”表示的“基本单元”是($\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}$),即含有 N_A 个($\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}$);“1 mol(e)”表示的“基本单元”是 e (电子),即含有 N_A 个(e);而“1 mol 氢”,则含义不清,令人费解。

2-2 摩尔质量

原子、分子、离子、电子等微粒都很小,不可能用数数的办法来计量。一物系所包含的“基本单元”数目的多少与这一物系的质量成正比,即基本单元数目越多,质量则越大,因此,可以通过准确称取物质的质量来确定其所包含的基本单元数。

每单位“物质的量”的物质所具有的质量,叫做摩尔质量(M),其单位为 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。习惯上常采用 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 为单位。若物系 i 的质量为 $m(i)$,物质的量为 $n(i)$,则摩尔质量 $M(i)$ 为:

$$M(i) = \frac{m(i)}{n(i)} (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}) \quad (1-1)$$

[例 1] 求 80 g NaOH 的物质的量。

[解] NaOH 的摩尔质量为其组成原子摩尔质量之和。已知

钠原子量 $A_r(\text{Na})$ 为 23,即钠原子的摩尔质量: $M(\text{Na}) = 23\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

氧原子量 $A_r(\text{O})$ 为 16,即氧原子的摩尔质量: $M(\text{O}) = 16\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

氢原子量 $A_r(\text{H})$ 为 1.0,即氢原子的摩尔质量: $M(\text{H}) = 1.0\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

则

$$M(\text{NaOH}) = 1 \times M(\text{Na}) + 1 \times M(\text{O}) + 1 \times M(\text{H})$$

$$= 1 \times 23 + 1 \times 16 + 1 \times 1 = 40 (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{80}{40} = 2.0 (\text{mol})$$

[例 2] 2.50 mol $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (重铬酸钾) 中, 铬原子和氧原子的物质的量和质量各是多少?

[解]

$$\because n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 2.50 \text{ mol}$$

$$\therefore n(\text{Cr}) = 2 \times 2.50 = 5.00 (\text{mol})$$

$$n(\text{O}) = 7 \times 2.50 = 17.5 (\text{mol})$$

根据式(1-1), 得

$$m(\text{i}) = n(\text{i}) \cdot M(\text{i})$$

$$\because M(\text{Cr}) = 52.00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{O}) = 16.00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\therefore m(\text{Cr}) = 5.00 \times 52.00 = 260 (\text{g})$$

$$m(\text{O}) = 17.5 \times 16.00 = 280 (\text{g})$$

2-3 溶液的组成量度

溶液的性质在很大程度上取决于溶质与溶剂的相对含量。因此, 在涉及溶液的计量工作中, 都必须指明物质的组成量度。溶液中物质的组成量度, 有各种各样的表示方法。本节将着重介绍物质的量浓度、质量摩尔浓度和物质的量分数。

一、物质的量浓度

按 SI 定义, 单位体积溶液中含有溶质的物质的量, 称为该物质 i 的物质的量浓度 (简称浓度)。用符号 $c(\text{i})$ 或 $[\text{i}]$ 表示。

若 $V(\text{dm}^3)$ 溶液中含有溶质 i 的质量为 $m(\text{i})\text{g}$, 则该溶液中溶质 i 的浓度为:

$$c(\text{i}) = \frac{n(\text{i})}{V} = \frac{m(\text{i})}{M(\text{i})} \times \frac{1}{V} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \quad (1-2)$$

由于浓度的单位是由 SI 基本单位 “mole” 导出的, 因此在使用浓度单位时也应当注明 “基本单元”。例如: 浓度为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的 H_2SO_4 溶液, 可写成 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 或 $[\text{H}_2\text{SO}_4] = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ①。

$0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的 $\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液, 可写成 $c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 或 $\left[\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right] = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。

[例 3] 1.7 g AgNO_3 溶于 100 ml 水中, 计算该溶液的物质的量浓度。

[解] 根据式(1-2)

$$c(\text{AgNO}_3) = \frac{1.7}{169.9 \times \frac{100}{1000}} = 0.10 (\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})$$

二、质量摩尔浓度

① 在采用国际单位制(SI)后, 体积单位一般应用 dm^3 或 cm^3 , 但由于 L(升)和 ml(毫升)习惯上经常被使用, 故本书中这些单位交替出现。它们间的关系通常是 $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L} = 1000 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ ml}$ 。

质量摩尔浓度常用 m_B 表示,其定义:在 1000 克溶剂中所含溶质的“物质的量”。即

$$m_B = \frac{n_B}{m} (\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$$

式中 m 为溶剂的质量,单位为 kg ; n_B 为溶质的“物质的量”。质量摩尔浓度与体积无关,故不受温度改变的影响。

[例 4] 50.0 g 水中溶有 2.00 g 甲醇(CH_3OH),计算该溶液的质量摩尔浓度。

[解] $\because M(\text{CH}_3\text{OH}) = 32.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\therefore m_B(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{2.00}{32.0} \times \frac{1000}{50.0} = 1.25 (\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$$

三、物质的量分数

在一物系中某物质 i 的物质的量 $n(i)$ 占整个物系的物质的量 n 的部分数,叫做该物质的物质的量分数 $x(i)$ 。即:

$$x(i) = \frac{n(i)}{n} \quad (\text{无量纲})$$

显然,纯物质 $x(i) = 1$,混合物 $x(i) < 1$ 。

[例 5] 2.00 g NaCl 溶于 100 g H_2O 中,计算 H_2O 和 NaCl 的物质的量分数。

$$\begin{aligned} \text{[解]} \quad x(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{\frac{100}{18.0}}{\frac{2.00}{58.5} + \frac{100}{18.0}} = 0.994 \\ x(\text{NaCl}) &= 1 - x(\text{H}_2\text{O}) \\ &= 1 - 0.994 = 0.006 \end{aligned}$$

2-4 稀溶液的依数性

溶质溶解在溶剂中形成溶液,溶液的性质已不同于原来的溶质和溶剂。溶液的性质涉及两个方面的问题:一是由溶质本身的性质来决定的,如溶液的导电性、酸碱性和颜色等;二是由溶质的数量不同来决定的,与溶质本身的性质无关。如难挥发溶质的稀溶液的蒸气压下降,沸点上升、凝固点下降和溶液的渗透压都存在着共同的性质,而且溶液越稀,这种共同的性质表现得越有规律性。这种稀溶液的性质只决定于溶质粒子的数目,而与溶质的本性无关,所以叫做稀溶液的依数性。又称稀溶液定律。

一、溶液的蒸气压下降

在密闭容器中,在一定温度下,当液体蒸发变成蒸气的速度与蒸气凝结成液体的速度相等时,达到了平衡。此时蒸气的压力叫做饱和蒸气压(简称蒸气压)。液体的蒸气压随温度升高而增大。

在密闭容器中,液体与蒸气之间建立的气液平衡是一种相平衡。

将分别盛有纯水、蔗糖溶液的两只烧杯一起放在玻罩内,如图 1-1(a),经过一段时间后,纯