

医用化学

山西职工医学院 四川省卫生管理干部学院 主编

四川大学出版社

成人高等医学院校试用教材

(供三年制医学、护理、卫生等专业用)

医 用 化 学

主 编

山西职工医学院 四川省卫生管理干部学院

编审组长 欧阳辉

成员(按编写章次为序)

冯建成 欧阳辉 刘淑芝 高 钰 傅正祥

穆运转 梁希泉 熊洪录 陈福怡 彭志国

马祥志 李光燕 魏奉群 卢 薇 赵钟林

1988.1.10

四 川 大 学 出 版 社

1988年·成都

B 512053



内 容 提 要

本书分理论和实验两部分。理论部分共十七章,包括溶液、原子结构与分子结构、化学热力学基础、氧化还原与电极电位、配位化合物、有机化合物各论,并对医用高分子化合物和胶体与表面化学作了扼要介绍;实验部分,包括无机、分析、有机化学的基本操作和部分综合实验。书后附有国际单位制及一些常用的物理常数;弱电解质的电离常数; pH1.00—10.20的缓冲溶液配制参考表;元素周期表。

本书注意成人教育特点,针对性、实用性强,是一本适合医学、卫生、护理等三年制大专用教材,也可供从事卫生技术人员自学参考。

成人高等医学院校试用教材

医 用 化 学

欧阳辉 等编

责任编辑 马佑国

封面设计 李 玫

四川大学出版社出版

(四川大学内)

四川省新华书店发行

成都市峨眉铸字印刷厂印刷

开本 787×1092毫米 1/16 印张: 26.125 字数: 590千

1988年3月第1版 1988年2月第1次印刷

印数: 1—4,500册

ISBN 7—5614—0092—6/0·22

定价: 6.00元

前 言

本书是为适应成人高等医学教育事业发展的需要,由山西职工医学院发起,组织十所兄弟院校参照医学专科教学计划和医用化学教学大纲的要求编写出版。该书除供成人高等医学院校医学、护理、卫生等专业使用外,还可供其它有关专业及从事卫生技术工作的人员参考。

本书分理论与实验两部分。理论部分共分十七章:一至五章介绍溶液、原子结构与分子结构、化学热力学基础、氧化还原与电极电位、配位化合物等基础理论。六至十五章系统介绍有机化学的基本理论和各类有机化合物的结构、命名、性质及其在医学上的应用。为了适应现代医学发展的需要,最后两章简要介绍医用高分子化合物和胶体与表面化学。实验共十一个,包括无机、分析和有机中的基本操作及验证理论、性质和应用方面的内容,并安排了综合性实验课题,以培养学生分析和解决问题的能力。

为了充分体现成人高等医学院校教材的特点,本书在编写中既注意内容的系统性和科学性,又注意结合医学实际和成人学生的实际,尽量做到由浅入深,重点突出。

鉴于我国正推行法定计量单位,采用国际单位势在必行。本书使用的单位基本上是SI制,但考虑到当前的实际情况,某些习用过渡单位本书仍有保留。

本书由山西职工医学院与四川省卫生管理干部学院主编,欧阳辉教授任编市组长。参加编写的有四川省卫生管理干部学院冯建成(第一章)、傅正祥(第五章)和彭忠国(第十章),山西职工医学院欧阳辉(第二、十七章及实验十一)和李光焱(第十二、十三章及实验十),河北职工医学院刘淑芝(第三章)和高钰(第四章)天津卫生职工医学院穆运转(第六、八章),湖北卫生职工医学院梁帝泉、熊洪录(第七章、实验六、七),江苏卫生系统职工医科大学陈福怡(第九章)和卢薇(第十六章)、湖南卫生职工医学院马祥志(第十一章、实验八、九)辽宁职工医学院魏春群(第十四、十五章)和重庆职工医学院赵钟林(实验一至五)等。此外,北京卫生职工医学院刘丽辉,天津卫生职工医学院金惠民和辽宁职工医学院孙兰凤三位同志曾参加部分实验教材的编写。

本书在编写过程中,受到山西、四川、湖北等成人高等医学院校领导的大力支持以及有关院校教务、刻(复)印同志的帮助,在此一并谨致谢意。

由于编写时间仓促,加之我们水平有限,疏漏和错误在所难免,请广大读者批评指正,

“医用化学”编写组

一九八七年,十月

目 录

第一章 溶液 (1)

第一节 溶液的浓度 (1)

一、溶液浓度表示法 (1)

二、溶液的配制及溶液浓度的

计算 (5)

第二节 电解质溶液 (8)

一、弱电解质的电离平衡 (8)

二、同离子效应与盐效应 (11)

三、多元弱酸的电离平衡 (12)

四、强电解质溶液 (14)

第三节 溶液的酸碱性 (16)

一、水的电离和离子积常数 (16)

二、溶液的酸碱性 (17)

三、pH 值 (17)

四、pH 值的测定 (18)

五、酸碱质子理论简介 (20)

第四节 缓冲溶液 (22)

一、缓冲作用与缓冲溶液 (22)

二、缓冲溶液的组成及分类 (23)

三、缓冲作用的原理 (23)

四、缓冲溶液 pH 值的计算 (24)

五、缓冲容量与缓冲溶液的配

制 (26)

六、缓冲溶液在医学上的意义 (29)

第五节 溶液的渗透压 (30)

一、渗透现象与渗透压 (30)

二、渗透压与浓度、温度的关

系 (31)

三、医学上的渗透压单位 (32)

四、渗透压在医学中的意义 (33)

习 题 (34)

第二章 原子结构和分子结构 (36)

第一节 原子结构 (36)

一、原子组成 (36)

二、同位素 (37)

三、核外电子的运动状态 (38)

四、电子的能级 (42)

五、核外电子的排布规律 (43)

第二节 原子结构和元素

性质的关系 (48)

一、原子半径 (48)

二、金属性与非金属性 (49)

三、元素的电负性 (49)

四、氧化数 (50)

第三节 分子结构 (51)

一、化学键 (51)

二、分子间作用力和氢键 (65)

习 题 (70)

第三章 化学热力学基础 (71)

第一节 常用术语 (71)

一、体系和环境 (71)

二、状态和状态函数 (72)

三、过程和途径 (72)

第二节 热力学第一定律 (73)

一、热和功 (73)

二、内能 (73)

三、热力学第一定律 (73)

第三节 化学反应热效应 (75)

一、化学反应热效应和热

化学方程式 (75)

二、焓 (76)

三、盖斯定律 (76)

四、几种热效应 (76)

第四节 热力学第二定律 (81)

一、自发过程的方向和不可逆性

——热力学第二定律 (81)

二、可逆过程和最大功 (83)

三、不可逆过程的量度——熵 (86)

四、自由能	(88)	二、外轨型和内轨型配位化合物	(126)
五、自由能的计算	(90)	三、配位化合物的空间结构和几何异构现象简介	(128)
第五节 自由能和化学平衡	(91)	第三节 配位化合物的稳定性	(129)
一、化学平衡	(91)	一、配位离子的生成与离解	(129)
二、平衡常数的基本概念	(92)	二、配位化合物的稳定常数与不稳定常数	(130)
三、标准自由能变化与平衡常数的关系	(93)	三、配位平衡的移动	(131)
习题	(94)	第四节 螯合物	(133)
第四章 氧化还原与电极电位	(96)	一、螯合物的概念	(133)
第一节 氧化还原反应	(96)	二、氨羧配位剂及氨羧配位滴定简介	(134)
一、氧化还原的定义与实质	(96)	第五节 配位化合物与生物、医学的关系	(139)
二、氧化剂和还原剂的概念	(97)	一、配位化合物在生物化学、在生命过程中起着重要作用	(139)
三、氧化还原方程式的配平	(98)	二、配位化合物与医学关系密切、应用广泛	(139)
四、氧化剂和还原剂当量的计算	(99)	习题	(140)
第二节 电极电位	(99)	第六章 有机化合物概论	(141)
一、原电池	(99)	第一节 有机化合物的特点	(141)
二、电极电位与标准电极电位	(102)	一、有机化合物结构上的特点	(141)
三、有关电极电位的计算及其应用	(107)	二、有机化合物性质上的特点	(142)
第三节 电位法测定溶液的 pH 值	(113)	第二节 有机化合物的反应类型	(143)
一、电位法测定 pH 值的基本原理	(113)	一、游离基反应	(143)
二、参比电极和指示电极	(114)	二、离子型反应	(144)
三、测定溶液 pH 值的方法	(116)	第三节 有机化合物的分类	(144)
第四节 离子选择性电极简介	(118)	一、开链化合物	(144)
习题	(119)	二、碳环化合物	(145)
第五章 配位化合物	(121)	三、杂环化合物	(145)
第一节 配位化合物的基本概念	(121)	第七章 烃和烃的卤代物	(147)
一、配位化合物的定义	(121)	第一节 烷烃	(147)
二、配位化合物的组成	(122)	一、烷烃的通式和同系列	(147)
三、配位化合物的命名	(124)	二、烷烃的结构	(148)
第二节 配位化合物的价键理论	(124)	三、烷烃的同分异构现象	(149)
一、配位键理论	(125)	四、烷烃的命名	(150)

五、烷烃的衍生物性质	(152)
六、重要的烷烃	(154)
第二节 烯烃	(154)
一、单烯烃的结构特点	(155)
二、单烯烃的异构和命名	(155)
三、单烯烃的化学性质	(156)
四、诱导效应及马氏规则的解	
释	(159)
五、二烯烃	(160)
第三节 炔烃	(163)
一、炔烃的结构特点	(163)
二、同分异构现象及命名	(164)
三、炔烃的化学性质	(164)
第四节 脂环烃	(166)
一、单环脂环烃的命名	(166)
二、环烷烃的结构	(167)
三、环烷烃的性质	(169)
四、环、环、环	(170)
第五节 芳香烃	(171)
一、苯的结构	(171)
二、单环芳烃的异构及命名	(171)
三、单环芳烃的性质	(172)
四、苯环亲电取代的定位规律	(175)
五、多环芳烃	(176)
第六节 烃的卤代物(卤烃)	(177)
一、卤烃的分类和命名	(177)
二、理化性质	(178)
三、饱和碳原子上的亲核取代	
反应历程	(179)
四、重要的卤代烃	(180)
习题	(181)
第八章 醇、酚、醚	(183)
第一节 醇	(183)
一、醇的结构、分类和命名	(183)
二、饱和一元醇的物理及化学	
性质	(185)
三、重要的醇	(189)
第二节 酚	(191)
一、酚的分类和命名	(191)
二、酚的结构特点	(191)
三、酚的化学性质	(192)

四、重要的酚	(194)
第三节 醚	(195)
一、醚的分类和命名	(196)
二、醚的一般性质	(196)
三、乙醚	(197)
习题	(197)
第九章 醛、酮、醌	(200)
第一节 醛和酮	(200)
一、醛、酮的结构、分类和命	
名	(200)
二、醛和酮的物理性质	(203)
三、醛和酮的化学性质	(205)
四、重要的醛和酮	(213)
第二节 醌	(215)
一、醌的结构、命名和性质	(215)
二、重要的醌	(217)
第十章 羧酸及取代羧酸	(221)
第一节 羧酸	(221)
一、羧酸的分类和命名	(221)
二、羧酸的化学性质	(222)
三、重要的羧酸	(226)
四、顺反异构和Z—E构型命	
名法	(228)
第二节 羟基酸	(231)
一、羟基酸的分类和命名	(231)
二、羟基酸的化学性质	(232)
三、重要的羟基酸	(234)
第三节 旋光异构	(236)
一、平面偏振光和旋光性	(236)
二、旋光度和比旋光度	(238)
三、化合物的旋光性和结	
构的关系	(238)
四、对映异构体的数目	(240)
五、对映异构体的构型	(241)
第四节 酮酸	(245)
一、酮酸的分类和命名	(245)
二、重要的酮酸	(246)
三、酮式—烯醇式互变	
异构现象	(247)
习题	(248)

第十一章 胺及其它含氮

有机化合物 (251)

第一节 胺 (251)

一、胺的分类和命名 (251)

二、胺的化学性质 (252)

三、几种重要的胺及其衍生物 (255)

第二节 酰胺 (257)

一、酰胺的结构与命名 (257)

二、酰胺的化学性质 (258)

三、重要的酰胺及其衍生物 (259)

习题 (261)

第十二章 杂环化合物

和生物碱 (265)

第一节 杂环化合物 (265)

一、杂环化合物的分

类和命名 (265)

二、杂环化合物的结构 (267)

三、杂环化合物的性质 (267)

四、重要的杂环化合物 (269)

第二节 生物碱 (272)

一、生物碱的一般性质 (272)

二、重要的生物碱 (273)

习题 (274)

第十三章 糖 (276)

第一节 单糖 (276)

一、单糖的结构 (277)

二、单糖的性质 (284)

三、重要的单糖 (288)

第二节 二糖 (289)

一、二糖的结构和还原性 (289)

二、重要的糖 (290)

第三节 多糖 (291)

一、淀粉 (291)

二、糖元 (293)

三、纤维素 (293)

四、右旋糖酐 (293)

五、粘多糖 (294)

习题 (295)

第十四章 脂类及甾类

化合物 (297)

第一节 三酰甘油酯类 (297)

一、天然油脂中的脂肪酸 (298)

二、主要的化学性质 (298)

第二节 磷酸甘油酯类 (300)

一、主要的磷酸甘油酯 (300)

二、磷酸甘油酯的性质 (302)

第三节 神经磷脂 (303)

第四节 蜡 (304)

第五节 甾类化合物 (304)

一、甾醇类 (306)

二、甾醇衍生物 (306)

三、甾类激素 (307)

第六节 前列腺素 (308)

习题 (309)

第十五章 氨基酸、蛋白质及

核酸 (311)

第一节 蛋白质的组成 (311)

一、蛋白质的元素组成 (311)

二、蛋白质的水解 (311)

第二节 氨基酸 (312)

一、氨基酸的种类和结构 (312)

二、氨基酸的性质 (314)

第三节 蛋白质的结构 (318)

一、初级结构 (318)

二、高级结构 (319)

第四节 蛋白质的性质 (321)

一、蛋白质的等电点和电泳 (322)

二、蛋白质的颜色反应和

氧化还原反应 (323)

三、蛋白质的胶体性质 (324)

四、变性作用 (327)

第五节 蛋白质的分类 (327)

第六节 核酸 (328)

一、核酸的水解产物 (329)

二、核苷 (330)

三、核苷酸 (330)

四、核酸的结构 (332)

习题 (333)

第十六章 医用高分子化合物 (335)

第一节 高分子化合物概述 (335)

一、高分子化合物的一般概念	(335)	性	(352)
二、高分子化合物的分类命名	(337)	一、溶胶的结构	(352)
第二节 高分子化合物的物理和化学性质	(338)	二、溶胶的稳定性和凝聚	(353)
一、高分子化合物的物理性质	(339)	第四节 高分子化合物溶液	(355)
二、高分子化合物的化学性质	(340)	第五节 凝胶	(356)
第三节 高分子化合物在医学上的应用	(341)	第六节 膜平衡与膜电位	(357)
一、医用高分子的条件	(341)	一、膜平衡(董南平衡)	(357)
二、医学上常用的高分子	(343)	二、膜电位	(358)
习题	(345)	第七节 表面现象和表面活性剂	(359)
第十七章 胶体和表面化学概论	(346)	一、表面能和表面张力	(359)
第一节 概述	(346)	二、表面积与比表面	(360)
一、胶体与表面化学的研究对象和内容	(346)	三、物体表面吸附	(360)
二、分散系的分类	(346)	四、表面活性剂	(361)
三、胶体分散系的特征	(347)	习题	(365)
第二节 胶体溶液的一般性质	(348)	实验	(367)
一、动力学性质	(348)	附录	(401)
二、光学性质	(350)	一、国际单位制及一些常用的物理常数	(401)
三、电学性质	(351)	二、弱电解质的电离常数	(403)
第三节 胶体的结构和稳定		三、pH1.00~10.20的缓冲溶液配制参考表	(404)
		四、元素周期表	(407)

第一章 溶 液

第一节 溶液的浓度

溶液是指物质以分子或离子的状态均匀地分散在另一种物质中所得到的分散体系。在医药卫生工作中，通常说的溶液是指液体溶液。

溶液的浓度是指一定量的溶液或溶剂中所含溶质的量。溶液浓度的表示方法很多，医疗、卫生、检验、护理工作中常用的有下列几种。

一、溶液浓度表示法

(一) 比例浓度

比例浓度是化学及药物调剂中常用的一种浓度表示法。分两种情况：

1. 指1g固体或1ml液体溶质溶于2毫升溶剂中配制而成的溶液，用1:2表示。

例如，1:5 H_2SO_4 ，是指1ml浓硫酸溶于5ml水中配制而成。

2. 指1g固体或1ml液体溶质溶于水，稀释至X毫升溶液，用1:X表示。

例如，1:5碘化钾溶液，是指称1g碘化钾固体溶于水，稀释至5ml配制而成。

(二) ppm及ppb浓度

在表示一些微量组分的含量及配制一些极稀的溶液时，常用这种浓度表示法。

PPm是指一百万份质量的溶液中所含溶质的份数。

例如，1kg溶液中含1mg pb^{2+} 离子，则该溶液浓度为1ppm。

ppm与溶液及溶质的质量有如下关系：

$$x(\text{ppm}) = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{溶液的质量}} \times 10^6$$

ppb是指十亿份质量的溶液中所含溶质的份数。

例如，天然水中含 Hg^{2+} 离子 $50\mu\text{g/kg}$ ，则该溶液为50ppb。

(三) 百分浓度

是指一百份溶液中所含溶质的份数。由于溶质与溶液的份数可以用质量单位或体积单位表示，因此百分浓度有下列几种表示方法。

1. 质量百分浓度

是用100g溶液中所含溶质的克数来表示的浓度，叫做质量百分浓度，用符号 % (g/g) 或 (w/w) 表示。

例如，96%的硫酸是表示100g硫酸溶液中含硫酸96g。市售的盐酸、硝酸、醋酸，氨水等多用这种浓度表示法。

2. 体积百分浓度

是用100ml溶液中所含溶质的毫升数来表示的浓度，用符号% (ml/ml) 或(v/v)表示。

例如，75%的酒精溶液是表示100ml酒精溶液中含乙醇75ml。

又如，在38°C时，人的动脉血中O₂的含量为19.6%，是表示在该温度时，100ml动脉血中含O₂19.6ml。

3. 质量——体积百分浓度

是用100ml溶液中所含溶质的克数来表示的浓度，用符号% (g/ml) 或(w/v)表示。

例如，0.9%的生理盐水是指100ml氯化钠溶液中含氯化钠0.9g。

4. 毫克百分浓度

是表示100ml溶液中所含溶质的毫克数。用符号mg%表示。临床上常用这种浓度表示血清中各种离子的含量。

例如，血钙的含量为10mg%。

(四) (物质的量) 浓度

1. 物质的量及其单位——摩尔

根据国际单位约定，国际单位制(SI)的基本单位中，有一个叫物质的量，其单位名称叫做摩[尔]，单位符号为mol。

摩尔是指一系统的物质的量，该系统中所包含的基本单元数与0.012Kg的¹²C的原子数目相同。在使用摩尔时，基本单元应予指明，可以是分子、原子、离子、电子或其它粒子，或是这些粒子的特定组合。

经测定，0.012Kg¹²C中所含碳原子的数目为6.023×10²³个，就是一摩尔。

6.023×10²³叫阿佛加德罗常数。

由上可知，摩尔这个单位是以0.012Kg¹²C中所含原子个数为标准，来衡量其它物质中所含基本单元数目的多少。

如果物质水中所含水分子的数目为12g¹²C中所含碳原子数目的二倍，就是2mol。

对于“物质的量”的含义可理解为：是表示组成物质的基本单元数目多少的物理量，它的单位是摩尔。某物系中所含基本单元数目是阿佛加德罗常数的多少倍，则该物系中“物质的量”就是多少摩尔。

在实际工作中，某物质的物质的量n可按下式计算：

$$n = \frac{m}{M} \quad (1-1)$$

m 代表物质的质量，M代表摩尔质量，即1摩尔物质的量。单位常用g/mol表示。

例如，159gNa₂CO₃的物质的量为：

$$n = 159g / 106g \cdot mol^{-1} = 1.5mol$$

物质的量是国际单位制中的一个基本物理量。国际上已普遍采用。我国已规定采用

法定计量单位，因此，本书将使用物质的量而不再强调过去习惯用的摩尔数。

2. (物质的量) 浓度 用单位体积溶液中所含溶质的物质的量来表示溶液的浓度，叫做 (物质的量) 浓度，用符号C表示。

$$C = \frac{n}{V} \quad (1-2)$$

物质的量浓度的单位名称及符号为摩尔每升，mol/L。

本书采用 mol/L 为单位。即用 1 L 溶液中所含溶质的物质的量 (多少摩尔) 来表示溶液的浓度。

例如，40g NaOH 溶于水，稀释至 1 L，则溶液的 (物质的量) 浓度为 1 mol/L。

值得指出的是，在化学上长期以来习惯使用体积摩尔浓度，克式量浓度，其意义分别是：

(1) 体积摩尔浓度：用 1 L 溶液中所含溶质的摩尔数来表示溶液的浓度。(过去用符号M表示) 即，

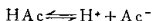
$$\text{摩尔浓度} = \frac{\text{溶质的摩尔数}}{\text{溶液的体积(升)}}$$

(2) 克式量浓度：用 1 L 溶液中所含溶质的克式量数来表示的浓度 (用符号F表示)

克式量指物质化学式中所有原子的原子量总和，以克为单位的式量叫做克式量。

两种表示法既有区别又有联系。

如醋酸 (CH_3COOH)，克式量 = 60.05g，1 L 醋酸溶液中含醋酸 6.005g，则克式量浓度为 0.1000F。它是指存在于溶液中醋酸分子， Ac^- 离子浓度的总和。由于 HAc 部分电离



如用摩尔浓度表示，溶液中实际存在的 HAc 分子为 0.099M， Ac^- 离子为 0.001M。

随着国际单位制的广泛使用，克原子、克分子、克式量等已属淘汰内容，物质的量浓度将代替摩尔浓度，mol/L 将代替 M，因此，本书对 M、F 两种浓度表示法只作扼要说明。

(五) 质量摩尔浓度

是用单位质量溶剂中所含溶质的物质的量来表示溶液的浓度，可用符号 b_A 或 m_A 表示。

例如，1000g 水中含蔗糖的物质的量 0.2 mol，则溶液的质量摩尔浓度为 0.2 mol/Kg。

(六) 当量浓度、毫克当量浓度

当量的概念及当量浓度在化学上已使用多年。随着国际单位制的普遍推广，从发展趋势看，它们将失去存在价值而被淘汰。但是，为适应逐步过渡的需要，考虑医药、

检验, 临床、护理工作中的实际状况, 本书仍作扼要介绍。

1. 当量浓度 用1L溶液中含有多少当量的溶质来表示溶液的浓度, 叫做该溶液的当量浓度, 用符号N表示。

$$N (\text{当量/升}) = \frac{\text{当量溶质}}{\text{溶液的体积 } V (\text{升})} \quad (1-3)$$

“当量溶质”就是过去叫的溶质的克当量数。

$$\text{当量溶质} = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{当量}} \quad (1-4)$$

当量浓度还可理解为: 用1毫升溶液中含有多少毫克当量的溶质来表示溶液的浓度。

$$N (\text{毫克当量/毫升}) = \frac{\text{毫克当量溶质}}{\text{溶液体积 } V (\text{ml})} \quad (1-5)$$

其中,

$$\text{毫克当量溶质} = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{毫克当量}} \quad (1-6)$$

例如, 4g NaOH溶于水, 稀释至1000ml, 该溶液的当量浓度为0.1N。

在化学反应中, 当两种物质相互完全作用时, 总是等当量作用的, 这就是当量定律。

(1) 对于在两种液体间发生的反应, 根据当量定律,

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2 \quad (1-7)$$

式中 V_1 , V_2 可用升或毫升, 但单位应统一。

(2) 对于在一种物质为固体, 另一种物质为液体间发生的反应, 根据当量定律,

$$\frac{\frac{m_1}{E_1}}{1000} = N_2 \cdot V_2 \quad (1-8)$$

式中, m_1 为物质的质量(g), E_1 为当量。 V_2 的单位用毫升。

2. 离子毫当量浓度 人体液中所含的离子浓度不大, 并且研究表明人体体液中阴离子与阳离子的毫克当量数相等, 所以, 医学上人体体液中各离子的浓度用mg%表示外, 常用离子毫当量浓度表示。

它是用1L溶液中含多少毫克当量溶质来表示溶液的浓度, 并用符号 mEq/L表示。

例如, 血钙的浓度为5mEq/L。

现将正常人血清中各种离子的平均浓度列表如下, 供参阅。

表1-1 正常人血清中各种离子的平均浓度

阳离子	含 量		阴离子	含 量	
	mg%	mEq/L		mg%	mEq/L
Na ⁺	326	142	有机机	365.7	103
K ⁺	19.5	5	Cl ⁻	164.7	27
Ca ²⁺	10	5	HCO ₃ ⁻	1.6	1
Mg ²⁺	3.6	3	SO ₄ ²⁻ (以S计)	9.6	2
阳离子总量	359.1	155	HPO ₄ ²⁻	21.0	6
			有机酸	6550	16
			蛋白		
			阴离子总量	7062.6	155

随着我国法定计量单位的推广使用, 正常人血清中各种离子平均浓度将改用 mmol/L 表示。

二、溶液的配制及溶液浓度的计算

(一) 溶液的配制

在无机化学中溶液的配制方法有两种: 一种是将一定质量的溶剂与溶质混合均匀而成。如比例浓度, 质量百分浓度。另一种是将一定的溶质先加入适量溶剂(如水)使其完全溶解, 然后再加溶剂稀释至一定体积混合均匀而得到。例如, g/ml, C、N、mEq/L 等溶液的配制。

例1. 配制 0.10 mol/L NaHCO₃ 溶液 500 ml, 应称取 NaHCO₃ 多少克? 如何配制?

解: NaHCO₃ 的摩尔质量为 84 g/mol,

根据 $C = n/V$, 可得 $n = C \cdot V$

又因 $n = m/M$

所以 $m = C \cdot V \cdot M$

$$= 0.10 \times 0.50 \times 84 = 4.2 \text{ (g)}$$

配制方法是: 称取 NaHCO₃ 4.2 g, 加少量水使其溶解, 然后再加水稀释至 500 ml, 即得 0.10 mol/L 的 NaHCO₃ 溶液。

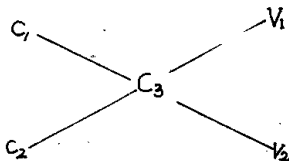
(二) 溶液的稀释

溶液的稀释是指向浓溶液中加入溶剂使其变成稀溶液。溶液稀释时, 体积增大, 浓度变小, 但稀释前后溶质的总量不变。为此, 可按下列两种方法进行计算。

$$1. C_{\text{浓}} \times V_{\text{浓}} = C_{\text{稀}} \times V_{\text{稀}} \quad (1-9)$$

应用式 (1-9) 时, 应注意稀释前后浓度、体积所采用的单位的一致性。

2. 十字交叉法



C_1 代表浓溶液的浓度; C_2 代表稀溶液的浓度; C_3 代表欲配溶液的浓度; V_1 表示浓溶液所取的体积; V_2 表示稀溶液所取的体积。

$$V_1 = C_2 - C_3$$

$$V_2 = C_1 - C_3$$

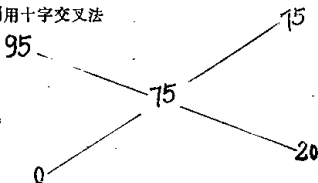
例2. 配制1000ml75%的酒精, 需用95%的酒精多少毫升?

解: 方法一, 根据式 (1-9)

$$C_{\text{浓}} \times V_{\text{浓}} = C_{\text{稀}} \times V_{\text{稀}}$$

$$V_{\text{浓}} = \frac{75\% \times 1000}{95\%} = 790 \text{ (ml)}$$

方法二, 利用十字交叉法



$$C_1 = 95\%,$$

$$C_2 = 0,$$

$$C_3 = 75\%,$$

$$V_1 = 75,$$

$$V_2 = 20$$

需95%的酒精为:

$$\frac{75}{95} \times 1000 = 790 \text{ (ml)}$$

(三) 溶液的混合

溶质相同, 浓度不同的两种溶液混合时, 混合后溶质的质量等于混合前两溶液溶质的质量之和。

$$(C_1 \cdot V_1 + C_2 \cdot V_2) = C_3 (V_1 + V_2) \quad (1-10)$$

例3. 某患者需10%葡萄糖溶液1000ml, 问应取50%和5%的葡萄糖溶液各多少毫升混合制得?

解: 设取50%葡萄糖溶液 x ml,

取5%葡萄糖溶液为 $(1000-x)$ ml

根据式 (1—10)

$$50\% \times x + 5\% \times (1000-x) = 10\% \times 1000$$

解得 $X=111$ ml

即应取50%葡萄糖溶液111ml, 取5%葡萄糖溶液889ml混合后即成。

(四) 溶液浓度的换算

1. 质量百分浓度与当量浓度的换算

例4. 市售浓硫酸 $d=1.84$, 含 H_2SO_4 96% (g/g), 其当量浓度为多少?

解: 1升浓硫酸溶液中含 H_2SO_4 的质量为:

$$1.84 \times 1000 \times 96\% \text{ (克)}$$

已知, H_2SO_4 的当量为49, 则:

$$\frac{1.84 \times 1000 \times 96\%}{49} = 36.8 \text{ (当量/升)}$$

即该溶液的当量浓度为36.8N。

2. 质量百分浓度与物质的量浓度的换算

例5. 欲配0.10mol/L盐酸溶液500ml, 应取 $d=1.19$ 含HCl 36.5% (g/g)的浓盐酸多少毫升?

解: 先将以质量百分浓度表示的浓盐酸溶液换算为用物质的量浓度表示的溶液。

1升浓盐酸溶液中含HCl的质量为

$$m = 1.19 \times 1000 \times 36.5\% \text{ (g)}$$

1升浓盐酸溶液中含HCl的物质的量为

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1.19 \times 1000 \times 36.5\%}{36.5} = 11.9 \text{ (mol)}$$

盐酸溶液浓度:

$$C = \frac{n}{V} = \frac{11.9 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 11.9 \text{ mol/L}$$

配0.10mol/L HCl溶液500ml需11.9mol/L浓盐酸溶液的体积为

$C_{\text{浓}} \times V_{\text{浓}} = C_{\text{稀}} \times V_{\text{稀}}$

$$V_{\text{浓}} = \frac{0.1 \times 500}{11.9} = 4.2 \text{ (ml)}$$

3. mg%与mEq/L的换算

例6. 正常人血浆中 Cl^- 离子的含量为365.7mg%, 如用mEq/L表示应为多少?

解: mg%与mEq/L相互换算公式为:

$$\frac{\text{mg}\% \times 1000}{\text{离子的毫当量}} = \text{mEq/L}$$

即

$$\frac{\text{mg} \times 10}{\text{离子的毫当量}} = \text{mEq/L} \quad (1-11)$$

将有关数据代入公式(1-11)中,可得:

$$\frac{365.7 \times 10}{35.5} = 103 \text{ (mEq/L)}$$

4. 其它

例7. 临床上纠正酸中毒时常用11.2%的乳酸钠针剂,每支针剂20ml,如需乳酸钠60毫当量,应取针剂几支?

解: 一支针剂中含乳酸钠的质量为

$$20 \times 11.2\% = 2.24 \text{ (g)}$$

乳酸钠的分子量为112,

乳酸钠($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$)的毫当量为112mg,因此一支针剂中含乳酸钠20毫当量。应取乳酸钠针剂的支数为

$$\frac{60}{20} = 3 \text{ (支)}$$

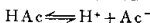
第二节 电解质溶液

电解质的水溶液都能导电,但不同电解质的导电能力不同。根据导电能力的大小,电解质可分为强电解质与弱电解质。在水溶液中能完全电离的电解质叫强电解质,在水溶液中仅部分电离的电解质叫弱电解质。

一、弱电解质的电离平衡

(一) 电离度

弱电解质的电离是一个可逆过程,现以醋酸的电离为例加以讨论



当正逆反应速度相等时,分子与离子之间达到动态平衡,即电离平衡。为了定量地表示弱电解质处于平衡状态时在水溶液中电离程度的大小,引入电离度。

电离度就是弱电解质达到电离平衡时,已电离的分子数与溶液中原有电解质分子总数之比,常用符号 α 表示。

$$\alpha = \frac{\text{已电离的电解质分子数}}{\text{溶液中原有电解质分子总数}} \times 100\% \quad (1-12)$$

例如,在25°C时,0.10mol/L HAc溶液的电离度 $\alpha=1.3\%$,表示达到电离平衡时,每1000个HAc分子中有13个分子电离为 H^+ 离子与 Ac^- 离子。

电离度的大小与电解质的本性有关。离子型化合物如NaCl,强极性化合物如HCl完全电离,极性化合物因极性大小不同,电离度也不同。如0.1mol/L HCN的电离度仅为0.007%。