

● 高等医学专科学校教材

医用化学基础

● (第二版)

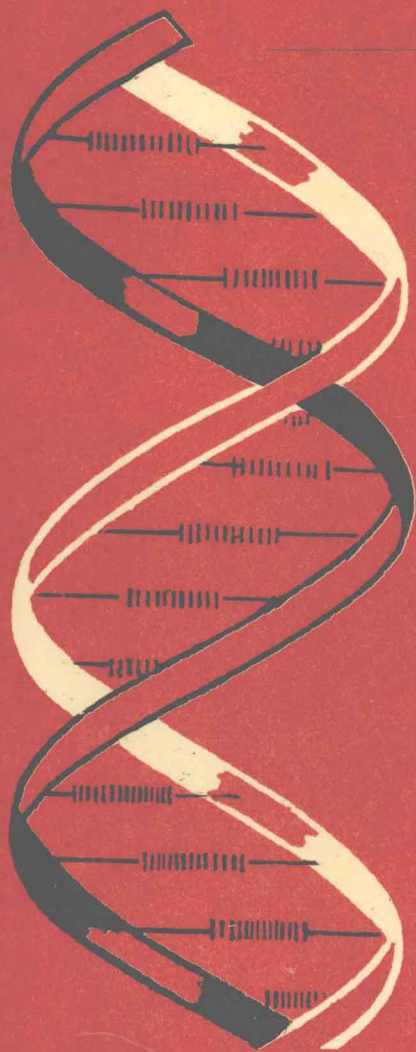
● 魏俊杰

徐春祥

彭运开

主编

YIYONG HUAXUE JICHU



● 黑龙江科学技术出版社

高等医学专科学校教材

医用化学基础

(第二版)

魏俊杰 徐春祥 彭运开 主编

黑龙江科学技术出版社

《医用化学基础》编者名单

主 编：魏俊杰 徐春祥 彭运开

副主编：刘有训 汤先觉 丁德昭

编 者：（按编写章次为序）

顾国耀	苏 力	潘丽元	徐春祥
王宝珍	刘有训	纪宗源	田秋霖
丁德昭	张红星	李惠芝	刘湘陶
魏俊杰	张鲁雁	彭运开	张昱明
龚筱群	韩 梅	杨洁茹	张双玫
钟志成	李明智	李常胜	李平亚
汤先觉	朱长文	燕福生	刘秉义
文海芳	徐恒瑰	邹静恂	马 育

责任编辑：张日新

封面设计：赵元音

版式设计：徐春祥

高等医学专科学校教材

医用化学基础

（第二版）

魏俊杰 徐春祥 彭运开 主编

黑龙江科学技术出版社出版

（哈尔滨市南岗区建设街 41 号）

黑龙江省教委印刷厂印刷

黑龙江省新华书店发行

787×1092 毫米 16 开本 20 印张 474 千字

1996 年 7 月第 2 版 · 1996 年 7 月第 2 次印刷

印数：7 001—14 000 册

定价：12.90 元

ISBN 7-5388-2497/R·340

前 言

本书是供高等医学专科学校的学生或成人教育化学教学使用的教科书。鉴于目前高等医学专科学校化学教育或成人教育的形势和实际情况,本书以为医学教育后续课奠定必要的化学基础为原则,增强了适用性,突出了医学需要。全书知识结构骨架显明,有利于教学。

本书由基础化学、有机化学和化学实验三部分组成。1~10章为基础化学部分,11~24章为有机化学部分。在使用本教材时各院校可根据具体情况对本书内容在保证课程基本要求的前提下,斟酌取舍。

遵照国务院的有关规定,本书全部采用以国际单位制(SI)为基础的我国法定计量单位;书中的化学名词采用全国自然科学名词审定委员会公布的《化学名词》(科学出版社,1991年第一版);配位化合物的命名参照中国化学会1980年颁布的《化学命名原则》(科学出版社,1984年第一版)。

在本书的编写过程中,得到了各参编院校的各级领导的关怀和支持。黑龙江交通高等专科学校的苏群副校长对本书的编写提出了许多宝贵的意见,并在编写研讨会期间提供了许多方便条件。在此一并致以诚挚的谢意。

本书插图由哈尔滨医科大学化学教研室刘秉义同志绘制。

由于编者水平有限,再加之时间仓促,书中不当之处,敬希广大师生批评指正。

魏俊杰 徐春祥 彭运开

1996年5月

目 录

第一章 溶液	1
第一节 分散系统的分类	1
第二节 溶液组成的表示方法	2
一、物质的量浓度	2
二、质量浓度	2
三、质量分数	3
四、体积分数	3
五、分子浓度	3
第三节 溶液的渗透压力	4
一、渗透现象和渗透压力	4
二、渗透压力与浓度、温度的关系	5
三、渗透压力在医学上的意义	5
习题	8
第二章 胶体分散系统	9
第一节 溶胶	9
一、溶胶的性质	9
二、胶团的结构	11
三、溶胶的聚沉	12
四、溶胶的制备和净化	13
第二节 高分子溶液	14
一、高分子的盐析	14
二、高分子对溶胶的絮凝作用和保护作用	15
三、唐南平衡	15
第三节 凝胶	17
习题	17
第三章 化学反应速率和化学平衡	19
第一节 化学反应速率	19
一、化学反应速率的表示方法	19
二、化学反应速率理论简介	20
三、影响化学反应速率的因素	21
第二节 化学平衡	23
一、可逆反应与化学平衡	23
二、标准平衡常数	24

三、可逆反应进行的方向	26
第三节 化学平衡的移动	27
一、浓度对化学平衡的影响	27
二、压力对化学平衡的影响	28
三、温度对化学平衡的影响	28
四、催化剂与化学平衡的关系	29
习题	29
第四章 酸碱平衡	32
第一节 酸碱质子理论	32
一、酸碱的定义	32
二、酸碱反应	33
第二节 水溶液中的酸碱平衡	33
一、水的质子自逆反应	33
二、酸碱解离平衡	33
三、共轭酸碱对的 K_a 与 K_b 的关系	35
第三节 酸碱溶液 pH 值的计算	35
一、氢离子浓度和 pH 值	35
二、强酸、强碱溶液 pH 值的计算	37
三、一元弱酸、弱碱溶液 pH 值的计算	38
第四节 缓冲溶液	40
一、缓冲溶液的组成及作用机理	40
二、缓冲溶液 pH 值的计算	41
三、缓冲容量和缓冲溶液的配制	42
四、缓冲溶液在医学上的意义	44
习题	45
第五章 原子结构和分子结构	47
第一节 核外电子运动的特殊性	47
一、氢原子光谱和玻尔理论	47
二、微观粒子的波粒二象性	48
三、波函数和四个量子数	49
四、概率密度和电子云	50
五、波函数的角度分布图形	50
六、电子云的角度分布图形	52
第二节 原子核外电子的排布	52
一、近似能级图	52
二、原子核外电子的排布原则	53
第三节 元素性质的周期性变化	56
一、周期和族	56

二、原子半径	56
三、元素的电负性	57
第四节 共价键	58
一、价键理论	59
二、杂化轨道理论	61
第五节 分子间作用力和氢键	64
一、分子的极性	64
二、分子间作用力	64
三、氢键	65
习题	66
第六章 配位化合物	68
第一节 配位化合物的基本概念	68
一、配位化合物的意义	68
二、配位化合物的组成	68
三、配位化合物的命名	69
第二节 配位化合物的价键理论	70
第三节 配位平衡	71
一、配离子的形成与解离	71
二、配离子的稳定常数和不稳定常数	72
三、稳定常数的应用	73
四、配位平衡的移动	74
第四节 螯合物	74
第五节 配位化合物在医学上的应用	75
习题	76
第七章 氧化-还原反应与电极电势	78
第一节 氧化-还原反应的基本概念	78
一、氧化值	78
二、氧化剂和还原剂	79
第二节 电极电势	79
一、原电池	79
二、电极电势	81
三、标准氢电极和标准电极电势	81
四、影响电极电势的因素	82
第三节 电极电势的应用	86
一、比较氧化剂的相对强弱	86
二、计算原电池的电动势	86
三、判断氧化-还原反应的方向	87
第四节 电势法测定溶液的 pH 值	88
一、参比电极	88

二、指示电极	89
三、电势法测定溶液的 pH 值	89
四、离子选择性电极简介	90
习题	90
第八章 滴定分析法	92
第一节 滴定分析法概述	92
一、滴定分析法的特点和主要方法	92
二、滴定分析对化学反应的要求	92
三、一级标准物质和标准溶液	93
四、滴定分析的计算	93
五、误差和有效数字	94
第二节 酸碱滴定法	97
一、酸碱指示剂	97
二、酸碱滴定曲线与指示剂的选择	98
三、酸碱标准溶液的配制和标定	102
四、酸碱滴定法的应用	102
第三节 氧化-还原滴定法	103
一、高锰酸钾法概述	103
二、高锰酸钾标准溶液的配制和标定	104
三、高锰酸钾法的应用	104
第四节 配位滴定法	105
一、EDTA 滴定法概述	105
二、EDTA 标准溶液的配制和标定	105
三、EDTA 滴定法的应用	106
习题	106
第九章 分光光度法	108
第一节 概述	108
第二节 分光光度法的基本原理	108
一、溶液颜色与光吸收的光系	108
二、朗伯-比尔定律	109
三、吸收光谱	110
四、显色反应	111
第三节 可见分光光度法	111
一、分光光度法	111
二、分光光度计的基本部件	112
三、定量分析方法	113
习题	114
第十章 生命元素与人体健康	115
第一节 必需元素和非必需元素	115

一、必需元素	115
二、非必需元素	116
第二节 生命元素的功能和分类	116
一、必需常量元素	116
二、必需微量元素	117
第三节 微量元素的毒性	119
一、元素的缺乏、过量及积累毒性	119
二、有毒元素	120
三、金属毒物的作用方式	121
四、金属中毒的螯合促排	122
习题	122
第十一章 有机化合物基本知识	123
一、有机化合物的概念	123
二、有机化合物的分子结构	123
三、有机化合物的同分异构现象	125
四、有机化合物结构式的写法	126
习题	130
第十二章 烷烃	132
第一节 烷烃的同系列和同分异构	132
一、烷烃的同系列	132
二、烷烃的结构	132
三、烷烃的同分异构现象	133
第二节 烷烃的命名法	136
一、普通命名法	136
二、系统命名法	136
第三节 烷烃的性质	139
一、物理性质	139
二、化学性质	139
第四节 一些重要的卤代烷烃	140
一、氯乙烷	140
二、三氯甲烷	140
三、四氯化碳	140
四、氟烷	141
习题	141
第十三章 烯烃和炔烃	142
第一节 烯烃	142
一、烯烃的异构现象和命名	142
二、烯烃的结构	142
三、烯烃的化学性质	144

第二节 烯烃的顺反异构	145
一、顺反异构的形成和条件	145
二、Z-E构型命名法	146
三、顺反异构体的性质及其与医药的关系	146
第三节 二烯烃	147
一、二烯烃的分类和命名	147
二、共轭二烯烃的结构	148
三、共轭二烯烃的 1,4-加成反应	149
第四节 炔烃	149
一、炔烃的异构和命名	149
二、炔烃的结构	149
三、炔烃的性质	150
四、含炔键的药物举例	150
习题	151
第十四章 环烃	153
第一节 脂环烃	153
一、脂环烃的命名法	153
二、脂环烃的立体异构	155
第二节 芳香烃	157
一、单环芳香烃	157
二、多环芳香烃	159
第三节 一些常见的环烃	160
一、苯	160
二、二甲苯	160
三、萘	160
四、菲	161
五、2,3-苯并芘	161
六、 β -胡萝卜素	161
习题	162
第十五章 对映异构	163
第一节 对映异构体的旋光性	163
一、偏振光和旋光性	163
二、旋光度和比旋光度	164
第二节 分子的手性和构型命名法	165
一、分子的手性和对映异构体	165
二、对映异构体的构型表示法和命名法	166
第三节 对映体与非对映体、外消旋体与内消旋体	168
一、含有 2 个不相同手性碳原子化合物的对映异构	168
二、含有 2 个相同手性碳原子化合物的对映异构	169

第四节 旋光性物质在医药上的重要性	170
习题	171
第十六章 醇、酚、醚	172
第一节 醇	172
一、醇的分类和命名	172
二、醇的结构和物理性质	173
三、醇的化学性质	174
四、一些主要的醇及其用途	176
第二节 酚	178
一、酚的命名	178
二、酚的酸性	179
三、酚的反应	180
四、酚类化合物的临床应用	181
第三节 醚	182
一、醚的分类和命名	182
二、醚的结构和性质	183
三、冠醚	184
四、与医药有关的醚类化合物——吸入性麻醉药	184
习题	185
第十七章 醛和酮	187
第一节 醛和酮的结构、分类和命名	187
一、醛和酮的结构	187
二、醛和酮的分类	187
三、醛和酮的命名	188
第二节 醛和酮的化学性质	189
一、羰基加成反应	189
二、 α -氢原子的反应	191
三、氧化-还原反应	192
四、与希夫试剂的显色反应	193
第三节 一些与医药有关的醛和酮	193
一、甲醛	193
二、乙醛	193
三、苯甲醛	193
四、香荚兰醛	194
五、癸酰乙醛	194
六、丙酮	194
七、樟脑	194
八、对羟基苯乙酮	194
习题	195

第十八章 羧酸及取代羧酸	196
第一节 羧酸	196
一、羧酸的分类和命名	196
二、羧酸的物理性质	197
三、羧酸的结构和化学性	198
四、重要的羧酸	201
第二节 取代羧酸	202
一、羟基酸	202
二、酮酸	207
习题	211
第十九章 杂环化合物和生物碱	212
第一节 杂环化合物的分类和命名	212
第二节 重要的含氮杂环化合物及基衍生物	213
一、化学性质	213
二、重要的五元杂环化合物及其衍生物	214
三、重要的六元杂环化合物及其衍生物	216
四、嘌呤及其衍生物	217
第三节 生物碱	218
一、生物碱的概念	218
二、生物碱的一般性质	218
三、与医学有关的几种生物碱	218
习题	220
第二十章 含氮和含硫有机化合物	221
第一节 胺	221
一、胺的分类和命名	221
二、胺的物理性质	222
三、胺的化学性质	222
四、重要的胺及其衍生物	225
第二节 酰胺	226
一、酰胺的命名	227
二、酰胺的物理性质	227
三、酰胺的化学性质	227
四、重要的酰胺及其衍生物	229
第三节 含硫有机化合物	230
一、硫醇	230
二、硫醚	232
三、对氨基苯磺酰胺	232
四、重要的含硫有机化合物	233
习题	233

第二十一章 脂类	235
第一节 油脂	235
一、油脂的组成、结构和命名	235
二、油脂的物理性质	236
三、油脂的化学性质	236
第二节 磷脂和糖脂	238
一、磷脂	238
二、糖脂	240
第三节 甾族化合物	241
一、甾族化合物的结构及命名	241
二、重要的甾族化合物	241
习题	244
第二十二章 糖类	246
第一节 单糖	246
一、葡萄糖的结构	246
二、果糖的结构	249
三、单糖的性质	249
四、其他重要的单糖	251
第二节 二糖	252
一、二糖的分类	252
二、重要的二糖	253
第三节 多糖	254
一、淀粉	254
二、糖原	256
三、纤维素	256
四、右旋糖酐	257
五、蛋白多糖	257
习题	258
第二十三章 氨基酸和蛋白质	260
第一节 氨基酸	260
一、氨基酸的分类及命名	261
二、氨基酸的结构与构型	262
三、氨基酸的物理性质	263
四、氨基酸的化学性质	263
第二节 蛋白质	268
一、蛋白质的元素组成	268
二、蛋白质的分类	268
三、蛋白质的结构	269
四、蛋白质的理化性质	271

习题	275
第二十四章 核酸	277
一、核酸的基本概念和分类	277
二、核酸的化学组成和结构	277
三、单核苷酸的衍生物	280
习题	281
医学化学实验	282
医学化学实验基本操作和仪器使用	282
实验一 缓冲溶液	290
实验二 醋酸解离常数的测定	292
实验三 分析天平称量练习	294
实验四 酸碱标准溶液的配制	295
实验五 天然水中钙、镁离子的测定	297
实验六 常压蒸馏和沸点的测定	299
实验七 从茶叶中提取咖啡因	301
实验八 色谱法	303
附录 元素周期表	306

第一章 溶 液

溶液是一种由两种或两种以上的物质组成的分散系统。工农业生产和日常生活中经常接触到溶液,医学与溶液也有着密切联系。人体内的血液、细胞内液、细胞外液以及其他体液都是溶液;体内的许多化学反应均是在溶液中进行;营养物质的消化、吸收等等无不与溶液有关。为此本章介绍溶液的基本概念、溶液组成的表示方法以及溶液的渗透压力。

第一节 分散系统的分类

在研究一些现象和变化时,常把作为研究对象的一定量的物质和一部分空间称为系统,而把与系统有关的其余部分称为环境。如研究在试管中进行的盐酸与氢氧化钠溶液的中和反应,整个溶液就是系统,试管和周围的空气就是环境。

系统中物理性质和化学性质完全相同的均匀部分称为相,相与相之间存在着界面。只含一个相的系统称为均相系统,含有两个或两个以上相的系统称为多相系统,如生理盐水是一个相,试管中的水也是一个相,如果水和冰共存就是两个相。

一种或几种物质分散在另一种物质中形成的系统称为分散系统。分散系统中被分散的物质称为分散相,容纳分散相的物质称为分散介质。例如,医学临床上使用的生理盐水(NaCl 溶液)就是 NaCl 分散在水中形成的分散系统,其中 NaCl 是分散相,水是分散介质。又如消毒用碘酒中的碘是分散相,酒精是分散介质。

按照分散相粒子的大小,分散系统可分为粗分散系统、胶体分散系统和分子分散系统,如表 1-1 所示。

表 1-1 分散系统的分类

分散相粒子直径	分散系统类型		分散相粒子的组成	实 例
$<1 \text{ nm}$	分子分散系统		低分子或离子	生理盐水、葡萄糖溶液
$1 \sim 100 \text{ nm}$	胶体分散系统	溶胶	胶粒(分子、离子、原子的聚集体)	氢氧化铁溶胶 硫化砷溶胶
		高分子溶液	高分子	蛋白质溶液 核酸溶液
$>100 \text{ nm}$	粗分散系统		粗粒子	泥浆、牛奶

分子分散系统又称溶液或真溶液,是一种高度分散的均相系统,相当稳定,通常把溶液中的分散相称为溶质,把分散介质称为溶剂。水是一种最常用的溶剂,不具体注明溶剂的溶液就是水溶液。

胶体分散系统又可分为溶胶和高分子溶液。溶胶的分散相粒子是由许多分子或离子聚集而成,是高度分散的非均相系统,较不稳定。高分子溶液的分散相粒子是单个的大分子或大离子,很稳定,属于均相系统。

粗分散系统包括悬浊液和乳浊液。悬浊液是固体小颗粒分散在液体介质中形成的,如泥浆、混浊的河水;而乳浊液是液体小滴分散在另一种液体中所形成的,如牛奶、乳化液等。

第二节 溶液组成的表示方法

溶液是由溶质和溶剂所组成。溶液的某些性质取决于溶质的本性,如溶液的颜色、导电性等;有些性质则决定于溶液的组成,而与溶质的本性无关,如溶液的渗透压力等。因此,溶液的组成是溶液的一个重要特征。表示溶液组成的方法有多种,目前医学上常用的有以下几种。

一、物质的量浓度

B 的物质的量浓度用符号 c_B 表示,它的定义为 B 的物质的量 n_B 除以混合物的体积 V 。

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (1-1)$$

物质的量浓度的 SI 单位是摩每米,符号是 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$,由于这个单位太小,不太适用,医学上常用的单位符号是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 等。物质的量浓度可以简称为浓度。

在使用物质的量浓度时,必须指明物质的基本单元,如 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 等。B 的物质的量 n_B 与 B 的质量 m_B 、摩尔质量 M_B 之间的关系可用下式表示:

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad (1-2)$$

例 1-1 100 mL 正常人的血清中含 10 mg Ca^{2+} 离子,计算血清中 Ca^{2+} 离子的物质的量浓度。

解: 根据式(1-1)和式(1-2)可得:

$$\begin{aligned} c(\text{Ca}^{2+}) &= \frac{n(\text{Ca}^{2+})}{V} = \frac{m(\text{Ca}^{2+})/M(\text{Ca}^{2+})}{V} \\ &= \frac{0.010 \text{ g}/(40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})}{0.10 \text{ L}} = 0.0025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

物质的量浓度在医学上广泛应用,世界卫生组织提议:凡是已知相对分子质量的物质,在体液内的含量均应用物质的量浓度表示;对于未知其相对分子质量的物质,则可暂时用质量浓度表示。

二、质量浓度

B 的质量浓度用符号 ρ_B 表示,它的定义为 B 的质量 m_B 除以混合物的体积 V 。

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (1-3)$$

质量浓度的 SI 单位是千克每立方米,符号是 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,医学上常用的单位符号是 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。质量浓度单位中表示质量的单位可以改变,而表示体积的单位一般不能改变。如免疫球蛋白 G(IgG)的正常范围为 $7.60 \sim 16.60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,免疫球蛋白 D(IgD)的正常范围为 $30 \sim 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。世界卫生组织提议:在注射液的标签上同时写明质

量浓度和物质的量浓度,如静脉注射用的氯化钠注射液 $\rho(\text{NaCl}) = 9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{NaCl}) = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

B 的质量浓度 ρ_B 与 B 的物质的量浓度 c_B 和摩尔质量 M_B 之间的关系为:

$$\rho_B = c_B M_B \quad (1-4)$$

例 1-2 100 mL NaCl 注射液中含 0.90 g NaCl, 计算该溶液的质量浓度和物质的量浓度。

解: 根据式(1-3)得:

$$\begin{aligned} \rho(\text{NaCl}) &= \frac{m(\text{NaCl})}{V} \\ &= \frac{0.90 \text{ g}}{0.10 \text{ L}} = 9.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

根据式(1-4)得:

$$\begin{aligned} c(\text{NaCl}) &= \frac{\rho(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} \\ &= \frac{9.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

三、质量分数

B 的质量分数用符号 w_B 表示, 它的定义为 B 的质量 m_B 与混合物总质量 m 之比。

$$w_B = \frac{m_B}{m} \quad (1-5)$$

质量分数的单位是一, 符号是 1 (符号 1 一般不明确写出, 如 $w = 0.10 \times 1 = 0.10$), 可以用小数或百分数表示。例如, 市售浓盐酸中 HCl 的质量分数为 0.37 或 37%。

四、体积分数

B 的体积分数用符号 φ_B 表示, 它的定义为在相同温度和压力时 B 的体积 V_B 与混合物的体积 V 之比。

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V} \quad (1-6)$$

体积分数的单位的符号也是 1, 也可以用小数或百分数表示。例如, 消毒用的酒精溶液中酒精的体积分数为 0.75 或 75%。

例 1-3 消毒用酒精溶液中酒精体积分数为 0.75, 现配制 500 mL 这种酒精溶液, 需纯酒精多少毫升?

解: 由式(1-6)可得:

$$V_B = V \varphi_B = 500 \text{ mL} \times 0.75 = 375 \text{ mL}$$

量取 375 mL 纯酒精, 用水稀释至 500 mL 即得消毒用的酒精溶液。

五、分子浓度

B 的分子浓度用符号 C_B 表示, 它的定义是 B 的分子数 N_B 除以混合物的体积 V 。

$$C_B = \frac{N_B}{V} \quad (1-7)$$

分子浓度的 SI 单位是每立方米, 符号是 m^{-3} , 其常用单位是 L^{-1} 。医学上常用分子浓度来表示体液中细胞的含量, 如成人血液中红细胞的分子浓度为 $4.0 \times 10^{12} \sim 5.5 \times 10^{12} \text{ L}^{-1}$, 白细胞的分子浓度为 $4 \times 10^9 \sim 10 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$ 。