



医药卫生类专业“互联网+”精品教材

医用化学基础

总主编 黄惟清
主 编 付菜花 廖禹东

北京出版集团公司
北京出版社

医用化学基础

YIYONG HUAXUE JICHU

总主编 黄惟清
主 编 付菜花 廖禹东

北京出版集团公司
北 京 出 版 社

内容简介

本教材包括无机化学、有机化学两部分，共八章，每个章节都有丰富的练习题。根据需要，还在相关章节后安排了实验项目并附有实验报告。在内容安排上，充分体现了服务于专业培养目标和职业技能培养目标，突出了化学科学在医药领域中的重要性，满足了学生在专业学习和职业技能中对医用知识的需求。

本教材适用于中职和分层次教学的高职文科护理、助产、医学影像技术等医学相关专业的学生作用。

图书在版编目 (CIP) 数据

医用化学基础 / 付菜花, 廖禹东主编. -- 北京 :
北京出版社, 2012.7 (2021 重印)
ISBN 978-7-200-09363-6

I. ①医… II. ①付… ②廖… III. ①医用化学—教材 IV. ①R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 148728 号

医用化学基础

YIYONG HUAXUE JICHU

主 编: 付菜花 廖禹东

出 版: 北京出版集团公司
北 京 出 版 社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总发行: 北京出版集团公司

经 销: 新华书店

印 刷: 定州市新华印刷有限公司

版 次: 2012 年 7 月第 1 版 2021 年 1 月修订 2021 年 3 月第 9 次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 7.5

字 数: 155 千字

书 号: ISBN 978-7-200-09363-6

定 价: 21.00 元

质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

第一章	绪论	1
第二章	溶液	4
	第一节 溶液的浓度	4
	第二节 溶液的渗透压	9
	本章实验 溶液的配制和稀释	15
	实验报告 溶液的配制和稀释	16
第三章	化学反应速率和化学平衡	17
	第一节 化学反应速率	17
	第二节 化学平衡	19
	本章实验 化学反应速率和化学平衡	25
	实验报告 化学反应速率和化学平衡	26
第四章	电解质溶液	27
	第一节 弱电解质的解离平衡	27
	第二节 水的解离和溶液的 pH 值	31
	第三节 盐类的水解	34
	第四节 缓冲溶液	35
	本章实验 电解质溶液	40
	实验报告 电解质溶液	41
第五章	烃	42
	第一节 有机化合物概述	42
	第二节 烷烃	43
	第三节 不饱和链烃	48
	第四节 闭链烃	50
	本章实验 烃的性质	56
	实验报告 烃的性质	57

第六章	烃的含氧衍生物	58
第一节	醇、酚、醚	58
第二节	醛和酮	63
第三节	羧酸	66
第四节	酯和油脂	68
本章实验	烃的含氧衍生物的性质	74
实验报告	烃的含氧衍生物的性质	76
第七章	糖类	77
第一节	单糖	77
第二节	二糖	80
第三节	多糖	82
本章实验	糖类的性质	86
实验报告	糖类的性质	88
第八章	氨基酸和蛋白质	89
第一节	氨基酸	89
第二节	蛋白质	93
本章实验	蛋白质的性质	98
实验报告	蛋白质的性质	100
附录		101
附录一	国际单位制 (SI) 基本单位	101
附录二	化学上常用法定计量单位及换算	102
附录三	元素的相对原子质量	103
医用化学基础教学大纲		105
参考文献		110

学习目标

1. 掌握化学的研究对象。
2. 理解无机化学、有机化学的概念。
3. 了解化学的发展简史、化学与医学的关系、医用化学基础知识的内容与学习方法。

物质世界是人类生存和生活的基础。自然界物质的种类繁多，存在的形式各不相同，但它们都是在不停地运动、变化和发展之中。自然科学就是专门研究物质、物质运动和物质间的相互关系的科学。科学的产生与发展，归根到底是由生产来决定的。毫无例外，化学也是随着社会生产的不断发展而产生的一门科学，它是一门重要的基础学科。

一、化学研究的对象和分支

化学是研究物质的组成、结构、性质、变化规律、存在、合成和应用的一门自然科学。化学研究的范围非常广泛，按照所研究的对象、研究的目的和任务、研究方法的不同，化学分为无机化学、有机化学、分析化学、生物化学、物理化学和结构化学等分支学科。研究元素及其化合物（除碳氢化合物及其衍生物外）的化学科学，称为无机化学；研究碳氢化合物及其衍生物的化学科学，称为有机化学。

知识链接

无机化学和有机化学分支的发展

在化学发展过程中，人们曾经把从矿物中得到的物质称为无机物；而把从生物体中得到的物质称为有机物。当时人们还不能从本质上认识无机物与有机物，误认为从生物有机体中提取的物质是在“生命力”影响下产生的，它不受一般物理和化学规律的支配和制约，只能在生物体内产生，而不能以无机物或人工方法来合成。这种“生命力”学说把无机物与有机物截然分开，严重地阻碍了有机化学的进一步发展。直到1828年德国化学家维勒将无机物氰酸铵（ NH_4CNO ）溶液小心加热，得到了当时公认的有机物——尿素（ H_2NCONH_2 ），这才动摇了“生命力”观点。1845年合成醋酸，1860年合成脂肪，后来越来越多的有机物相继合成。诸多的事实，终于摧毁了“生命力”学说。显然，有机物与无机物之间并没有严格的界限。它们都遵循共同的物理和化学变化规律。

二、化学发展简史

人类在长期的生产、实践中，逐渐认识了化学现象和化学变化的规律，并把这些认识应用到实践中，反复地经受检验，遵守“实践、认识、再实践、再认识”的过程，使化学科学逐步完善和发展起来。化学起源可以追溯至远古，其发展大致可分为3个阶段。

第一阶段：古代化学发展时期——17世纪中期以前。标志着原始人类由野蛮进入文明，即从原始人使用火开始，而火的燃烧是一种化学变化。人类逐渐从使用火烧煮食物，发展到烧制陶器、冶炼青铜器，到后来的炼金术、炼丹术、中医药、酿造、制糖等，人们积累了较多的化学知识，但化学仍未形成一门学科。

第二阶段：近代化学发展时期——17世纪中叶以后到20世纪之前。近代工业的蓬勃发展，推动和促进了化学研究，在众多假说的基础上，许多化学理论相继提出，并逐步确立，特别是元素周期律的发现，一大批有机物的合成成功，使化学在历经千百年的实验、探索，实现了从实验到理论的重大历史性飞跃，真正成为一门独立的学科。

第三阶段：现代化学发展时期——20世纪以来。在现代科学技术的帮助下，化学得到突飞猛进的发展。从19世纪末的三大发现——X射线、放射性和电子的发现，到今天化学的研究成果对生命科学、医药学、环境科学等提供了极大的帮助，都意味着化学科学技术的快速发展及广泛应用。

三、化学与医学的关系

医学的主要任务是探求人体的生理和病理现象之规律，从而寻找防病、治病的原理和方法，确保人们的身体健康。人体的生命过程包含极其复杂的物质变化过程，人体各种组织都是糖类、蛋白质、脂肪、无机盐和水等物质所组成的；食物的消化、吸收都是化学变化的过程；人类的生长发育、新陈代谢和其他一切生理、病理变化过程，都与体内物质的化学变化密不可分。故化学与医学相互联系，关系密切，化学是临床医学、药理学、护理学的基础。

临床护理中，我们用到的消毒剂、酒精、碘酒、生理盐水、注射液的配制和大输液中配制等渗溶液，以及药物治疗的作用机制等都离不开化学知识。药学上使用的绝大多数药物，都是用化学方法从天然物质中提取或者用化学方法合成而制得的。临床上用氢氧化铝治疗胃酸过多引起的胃病、用碳酸氢钠纠正酸中毒、用氯化铵纠正碱中毒、用碘化钾治疗缺钾症等，这一切都与药物的结构和性质有密切关系。药物的作用机制首先与体内物质的化学基因息息相关。

放射性同位素在科学研究及医学上已被广泛应用。例如，X射线用于肺结核、骨折和牙科疾病的诊断；放出的射线能够深入组织，并对癌细胞有破坏作用，故用于肿瘤的治疗；利用被甲状腺吸收的量来确定甲状腺的功能。用于鉴别乳腺肿瘤良性和恶性；等等。如今放射性同位素扫描已成为诊断脑、肝、肾、肺等脏器病变的一种安全、简便的方法。

进入21世纪，我们已经开始步入生物时代，克隆技术是以化学与生物学为基础发展起来的技术，是化学与生物学理论和实践的结晶。目前，各国共同合作人类基因组计划，完成了对人类基因组30亿个碱基对的测序，创造了又一项奇迹。有科学家曾预言：“21

世纪，化学将涵盖医学与化学之间的任一事情。”

总之，医学理论、医学技术手段的提高与发展，需要化学理论的支持。

四、医用化学课程的任务

医用化学课程的内容包括无机化学基础知识、有机化学基础知识、化学实验三大部分。化学是自然科学中一门重要的基础学科。医用化学课程的首要任务是使学生获得专业所必需的化学基础理论、基本知识和化学基本技能，提高观察、分析、解决问题的能力，具有严谨求实的科学态度。

医用化学课程的重要任务是为后续课程学习奠定所需的化学知识和技能。医学课程通常划分为文化课程、基础课程、临床课程三部分，并以这个顺序设置衔接课程。医用化学属于前期课程，为基础课程和临床课程尤其是生物化学、药理学、疾病诊断学等的学习奠定了基础。

再者，为毕业后的专业工作服务是《医用化学》的基本任务。医学专业工作中经常会遇到化学问题，如临床护理中进行大输液时必须配制等渗溶液、药物的保存及使用原理；还有医用高分子材料的应用、环境污染与致病因素之间的关系（如致癌物质、重金属盐中毒等），医务工作者若具有运用化学知识和技能的能力，就能正确、有效地处理这些化学问题。

五、学习医用化学的方法

学好医用化学除了要培养浓厚的学习兴趣外，还要有良好的学习方法。医用化学不仅要学习化学的基本知识和理论，更主要的是学习科学的思维方式，善于归纳总结、抓关键、找联系、寻规律，会运用。良好的学习方法可用“六多”表达。多看：不仅看教科书和参考书，还要进行课前预习和课后复习，也需大量阅读其他相关书籍，学会带着问题阅读、看书。多听：不仅上课认真听讲，还要听有关知识讲座。多记：不但认真记课堂笔记，能正确记录有关实验现象，逐步学会做读书笔记的方法等，而且还要能准确记忆。多问：不仅问老师、问同学，还要能提出问题，提出自己的观点，与师生共同探讨，养成遇事多问几个为什么的习惯。多思：要学会独立思考、科学地理解，形成用心想事，用脑思考。多练：不但做习题、练操作，还要学会运用化学知识解决日常生活中及工作学习中出现的与化学相关的问题，做到举一反三，触类旁通，多层次、立体式地解决问题。只有这样学习，才能获得令人满意的学习效果，在化学知识的海洋中自由遨游。

第二章 溶液

学习目标

1. 掌握质量浓度、物质的量浓度、质量分数、体积分数的概念及计算方法。
2. 掌握渗透现象和渗透压的概念。
3. 理解溶液浓度的换算、临床上对等渗溶液的规定及有关渗透浓度的计算。
4. 了解渗透压在医学上的意义。
5. 能进行溶液的配制与稀释的操作。

溶液是由溶质和溶剂（水是最常用的溶剂）组成的均匀、稳定、透明的体系，溶液的性质与溶液中溶质和溶剂的相对含量有关。临床护理中给病人服药时，必须按规定药液的浓度和用量，因为药液浓度过稀，不会产生明显的疗效，药液浓度过浓反而对人体有害；给病人输液时若药液浓度过稀或过浓都会危及患者的生命安全。所以医学专业的学生必须掌握一定的有关溶液浓度的知识。

第一节 溶液的浓度

一、溶液浓度的表示方法

溶液的浓度是指在一定量溶液或溶剂中所含溶质的量。溶液浓度的表示方法很多，常用的溶液浓度的表示方法有质量浓度、物质的量浓度、质量分数和体积分数。

（一）质量浓度

质量浓度是指溶液中溶质 B 的质量 m_B 除以溶液的体积 V 。用符号 ρ_B 或 $\rho(B)$ 表示，计算公式为：

$$\rho_B = \frac{m_B}{V}$$

质量浓度的国际单位（SI）为 kg/m^3 。化学和医学上质量浓度的常用单位为 g/L 、 mg/L 、 $\mu\text{g}/\text{L}$ 等。 $1 \text{ g}/\text{L} = 10^3 \text{ mg}/\text{L} = 10^6 \mu\text{g}/\text{L}$ 。

课堂活动

质量浓度 ρ_B 和密度 ρ 之间既有联系又有区别。你能说出它们之间的联系和区别吗?

例 1 按照《中华人民共和国药典》规定,注射用生理盐水的规格是 0.5 L 生理盐水中含 NaCl 4.5 g,问生理盐水的质量浓度是多少?若给某患者输入 1.5 L 生理盐水,则进入体内的 NaCl 是多少克?

解: (1) 已知 $V=0.5 \text{ L}$, $m(\text{NaCl})=4.5 \text{ g}$

根据
$$\rho(B) = \frac{m(B)}{V}$$

得
$$\rho(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{V} = \frac{4.5 \text{ g}}{0.5 \text{ L}} = 9 \text{ g/L}$$

(2) 已知 $V=1.5 \text{ L}$

根据
$$\rho(B) = \frac{m(B)}{V}$$

得
$$m(\text{NaCl}) = \rho(\text{NaCl}) \cdot V = 9 \text{ g/L} \times 1.5 \text{ L} = 13.5 \text{ g}$$

答: 生理盐水的质量浓度是 9 g/L, 输 1.5 L 生理盐水则有 13.5 g NaCl 进入体内。

(二) 物质的量浓度

1. 物质的量及其单位

物质的量是国际单位制中 7 个基本物理量之一,表示一定量的宏观物质中所含有的微观粒子(微粒)即基本单元的数目,用符号 n_B 或 $n(B)$ 表示,物质的量的单位是摩尔,可以用符号 mol 表示。书写物质的量 n 时,要把对应物质的化学式标在括号内或以右下角标的形式予以注明是哪种物质的物质的量。例如:

氢原子的物质的量 记为 n_H 或 $n(\text{H})$;

水的物质的量 记为 $n_{\text{H}_2\text{O}}$ 或 $n(\text{H}_2\text{O})$;

钠离子的物质的量 记为 n_{Na^+} 或 $n(\text{Na}^+)$ 。

国际纯粹与应用化学联合会规定,1 mol 任何物质所含有的基本单元(如原子、分子、离子等)数与 0.012 kg ^{12}C 所含有的碳原子数目相等。实验测得,0.012 kg ^{12}C 中含有 6.02×10^{23} 个碳原子。这个数值因意大利科学家阿伏伽德罗而得名,因此 6.02×10^{23} 称为阿伏伽德罗常数,用符号 N_A 表示, $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ 。国际上规定含有 6.02×10^{23} 个微粒的任何物质为 1 mol。例如:

1 mol C 约含有 6.02×10^{23} 个碳原子;

1 mol H_2O 约含有 6.02×10^{23} 个水分子;

1 mol H^+ 含有 6.02×10^{23} 个氢离子。

物质的量是与基本单元数成正比的物理量。物质的量相等的任何物质,所含的基本单元数(用符号 N 表示)相等。

物质的量 n_B 和基本单元数 N 及阿伏伽德罗常数 N_A 三者之间的关系为:

$$n_B = \frac{N}{N_A}$$

2. 摩尔质量及其单位

1 mol 不同物质所含有的基本单元数相同,但由于不同粒子的质量不同,因此,1 mol

不同物质的质量并不相同。

课堂活动

你能根据 6.02×10^{23} 这个数值的来源, 知道 1 mol C 的质量是多少吗? 并能由此推知 1 mol 其他原子的质量是多少吗?

摩尔质量就是物质的质量除以物质的量。摩尔质量的符号为 M , 计算公式为:

$$M = \frac{m}{n}$$

摩尔质量的国际单位是 kg/mol , 化学上常用的单位是 g/mol 。在表示摩尔质量时, 同物质的量的表示类似, 要用括号或右下角标的形式指明是哪种物质的摩尔质量。

科学计算结果表明, 任何物质的摩尔质量, 如果以 g/mol 为单位, 其数值就等于这种物质的化学式量。因此, 只要已知物质的化学式, 就可求出它的摩尔质量。例如:

氧的相对原子质量是 16, 氧原子的摩尔质量可表示为 $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$;

钠的相对原子质量是 23, 钠原子的摩尔质量可表示为 $M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol}$;

H_2O 的相对分子质量是 18, H_2O 的摩尔质量可表示为 $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$;

HCl 的相对分子质量是 36.5, HCl 的摩尔质量可表示为 $M(\text{HCl}) = 36.5 \text{ g/mol}$;

Cl^- 的式量是 35.5, Cl^- 的摩尔质量可表示为 $M(\text{Cl}^-) = 35.5 \text{ g/mol}$;

OH^- 的式量是 17, OH^- 的摩尔质量可表示为 $M(\text{OH}^-) = 17 \text{ g/mol}$ 。

通过物质的量 n_{B} 和摩尔质量 M_{B} , 把肉眼看不见的粒子数 N 与可称量的物质的质量 m_{B} 联系起来, 它们之间的关系为:

$$\text{物质的质量} \xrightleftharpoons[\times \text{摩尔质量}]{\div \text{摩尔质量}} \text{物质的量} \xrightleftharpoons[\div (6.02 \times 10^{23})]{\times 6.02 \times 10^{23}} \text{微粒数}$$

3. 物质的量浓度

物质的量浓度是指溶液中溶质 B 的物质的量 n_{B} 除以溶液的体积 V 。用符号 c_{B} 或 $c(\text{B})$ 表示, 计算公式为:

$$c_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{V}$$

物质的量浓度的国际单位为 mol/m^3 。化学和医学上物质的量浓度的常用单位为 mol/L 、 mmol/L 和 $\mu\text{mol/L}$ 等, $1 \text{ mol/L} = 10^3 \text{ mmol/L} = 10^6 \mu\text{mol/L}$ 。

在使用物质的量浓度时, 必须指明是哪种物质的物质的量浓度。例如, $c(\text{HCl}) = 0.1 \text{ mol/L}$, 指 1 L HCl 溶液中含 0.1 mol HCl 分子。浓度未加说明时, 通常指的是物质的量浓度。

物质 B 的物质的量 n_{B} 、质量 m_{B} 、摩尔质量 M_{B} 之间的关系为:

$$n_{\text{B}} = \frac{m_{\text{B}}}{M_{\text{B}}}$$

例 2 正常人血清中每 100 ml 含 100 mg 葡萄糖, 计算正常人血清中葡萄糖的物质的量浓度 (用 mmol/L 表示)。

解: 已知 $V = 100 \text{ ml} = 0.1 \text{ L}$, $m(\text{葡萄糖}) = 100 \text{ mg}$, $M(\text{葡萄糖}) = 180 \text{ g/mol} = 180 \text{ mg/mmol}$

根据 $c(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{V}$ 及 $n(\text{B}) = \frac{m(\text{B})}{M(\text{B})}$

$$\text{得 } c(\text{葡萄糖}) = \frac{m(\text{葡萄糖})}{M(\text{葡萄糖}) \cdot V} = \frac{100 \text{ mg}}{180 \text{ mg}/\text{mmol} \times 0.1 \text{ L}} \approx 5.56 \text{ mmol/L}$$

答：正常人血液中葡萄糖的浓度约为 5.56 mmol/L

知识链接

体液浓度的表示

在临床医学中，世界卫生组织（WHO）建议，在医学上表示体液浓度时，凡是已知相对分子质量的物质，均用物质的量浓度表示；对未知其相对分子质量的物质，则用质量浓度表示。例如，每 100 ml 正常人的血液中，葡萄糖的含量过去表示成 70 ~ 120 mg/L，法定计量单位则应表示为 $c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 3.9 \sim 6.1 \text{ mmol/L}$ 。同样，人的血清中 Fe^{3+} 的含量应表示为 $c(\text{Fe}^{3+}) = 11 \sim 27 \mu\text{mol/L}$ 等。

世界卫生组织还提议，在注射液或输液的标签上要同时注明溶液的质量浓度和物质的量浓度。如 $\rho(\text{NaCl}) = 9 \text{ g/L}$ ， $c(\text{NaCl}) = 0.15 \text{ mol/L}$ ； $\rho(\text{葡萄糖}) = 50 \text{ g/L}$ ， $c(\text{葡萄糖}) = 0.278 \text{ mol/L}$ 。

（三）质量分数

质量分数是指溶液中溶质 B 的质量 m_B 除以溶液的质量 m 。用符号 ω_B 或 $\omega(\text{B})$ 表示，计算公式为：

$$\omega_B = \frac{m_B}{m}$$

质量分数无单位，其值可以是小数也可以是百分数。当值很小时也可以允许溶质 B 和溶液的质量单位不一致。如我国食品卫生标准 GB 2761 - 81 规定，豆类食品中黄曲霉毒素和发酵食品的质量分数 $\omega_B \leq 5 \mu\text{g}/\text{kg}$ 。

课堂活动

你能根据已知条件 $\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0.98$ 和密度 $\rho = 1.834 \text{ g/L}$ ，求出 0.5 L 浓硫酸溶液中所含纯硫酸的质量是多少吗？

（四）体积分数

体积分数是指溶液中溶质 B 的体积 V_B 除以溶液的体积 V 。用符号 φ_B 或 $\varphi(\text{B})$ 表示，计算公式为：

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V}$$

体积分数无单位，其值可以是小数也可以是百分数。如消毒用的酒精溶液的体积分数为 0.75 或 75%。当量值很小时也可以像 $1.2 \text{ ml}/\text{m}^3$ 这样表示。

例 3 欲配制 250 ml 体积分数为 0.30 的甘油溶液，需要纯甘油多少毫升？

解：已知 $V = 250 \text{ ml}$ ， $\varphi_{\text{甘油}} = 0.30$

根据
$$\varphi_B = \frac{V_B}{V}$$

得
$$V_{\text{甘油}} = \varphi_{\text{甘油}} \cdot V = 0.30 \times 250 \text{ ml} = 75 \text{ ml}$$

答：需纯甘油 75 ml。

课堂活动

临床上常用的消毒酒精是指体积分数为 0.75 的酒精溶液，现急需 500 ml 消毒酒精，你能计算出需要纯酒精多少毫升吗？

二、浓度的换算

在实际工作中，往往需要进行溶液浓度的换算。常见的浓度换算有两种类型。

1. c_B 与 ρ_B 之间的换算

关系式推导
$$\rho_B = \frac{m_B}{V} = \frac{n_B \cdot M_B}{V} = \frac{n_B}{V} M_B = c_B M_B$$

则
$$\rho_B = c_B M_B \quad \text{或} \quad c_B = \frac{\rho_B}{M_B}$$

例 4 已知生理盐水 NaCl 的质量浓度为 9 g/L，求生理盐水的物质的量浓度是多少？

解：已知 $M_{\text{NaCl}} = 58.44 \text{ g/mol}$ ， $\rho_{\text{NaCl}} = 9 \text{ g/L}$

得
$$c_{\text{NaCl}} = \frac{\rho_{\text{NaCl}}}{M_{\text{NaCl}}} = \frac{9 \text{ g/L}}{58.44 \text{ g/mol}} = 0.154 \text{ mol/L}$$

答：生理盐水的物质的量浓度为 0.154 mol/L。

2. c_B 与 ω_B 之间的换算

已知
$$m_B = n_B M_B, \quad \rho = \frac{m}{V}$$

关系式推导
$$\omega_B = \frac{m_B}{m} = \frac{n_B M_B}{\rho V} = \frac{n_B}{V} \cdot \frac{M_B}{\rho} = \frac{c_B M_B}{\rho}$$

即
$$\omega_B = \frac{c_B M_B}{\rho} \quad \text{或} \quad c_B = \frac{\omega_B \rho}{M_B}$$

课堂活动

独立应用密度 ρ 时，它的单位可以是 g/L、g/ml 或 kg/L，在 $c_B = \frac{\omega_B \rho}{M_B}$ 的计算公式中， ρ 的单位必须用 g/L，你知道这是为什么吗？你能求出 $\omega_B = 0.074$ ，密度 ρ 为 1.08 kg/L 的 NaOH 溶液的物质的量浓度是多少吗？

三、浓度的配制和稀释**1. 溶液的配制**

化学和临床上，常常需要配制一定浓度的溶液。配制用质量分数表示的溶液，需要根据溶液的质量及所需质量分数的浓度大小，计算出所需溶质、溶剂的质量，再将溶质和溶剂两者混合均匀即可。配制用物质的量浓度、质量浓度、体积分数表示的溶液，需要根据溶液的体积及所需浓度的大小，计算出所需溶质的量，再将溶质按照一定的配制方法和步骤配成所需的体积。溶液的配制方法和步骤通常按计算、适量溶解、转移、荡洗、稀释、定容、混合均匀和贴上标签进行操作。

课堂活动

如何配制 500 ml 的生理盐水?

2. 溶液的稀释

在溶液中加入溶剂,使溶液的体积增大而浓度变小的过程,称为溶液的稀释。稀释前后,溶质的量不变,即稀释前溶质的量 = 稀释后溶质的量。根据溶液浓度的表示方法不同,可得稀释公式为:

$$c_{B1} V_1 = c_{B2} V_2$$

$$\rho_{B1} V_1 = \rho_{B2} V_2$$

$$\varphi_{B1} V_1 = \varphi_{B2} V_2$$

$$\omega_{B1} m_1 = \omega_{B2} m_2$$

上式中“1”表示稀释前的浓溶液,“2”表示稀释后的稀溶液。应用以上公式时,要注意稀释前后溶液的浓度必须一致,浓度的单位必须一致,体积或质量的单位必须一致。

课堂活动

如何将 $\varphi_B = 0.95$ 的药用酒精配成 2 000 ml $\varphi_B = 0.75$ 的消毒酒精?

第二节 溶液的渗透压

一、渗透现象和渗透压的概念

在一杯纯水中沿着杯内壁加入少量浓糖水,过一会儿整杯水都有甜味,最后得到浓度均匀的糖水。这种现象是由于溶剂分子和溶质粒子之间相互扩散的结果。两种浓度不同的溶液相互接触时,也会发生扩散现象,最后形成浓度均匀的溶液。

在一个 U 形管中,用半透膜(半透膜是一种只允许溶剂分子如水分子自由透过,而溶质粒子难以透过的薄膜。常见的半透膜有火棉胶膜、玻璃纸、动物的膀胱膜、动植物细胞膜、毛细血管壁等)将蔗糖溶液和水隔开,并使半透膜两侧的液面高度一致,会发生什么情况呢?结果是纯水的液面会慢慢下降,蔗糖的液面会慢慢上升,如图 2-1 所示。这种现象说明水分子通过半透膜进入到了蔗糖溶液中,从而使蔗糖溶液的体积增大。

这种溶剂分子通过半透膜由纯溶剂进入溶液或由稀溶液进入浓溶液的现象,称为渗透现象,简称为渗透。将两种不同浓度的溶液用半透膜隔开,也会产生渗透现象。渗透的方向总是由稀溶液到浓溶液。渗透现象不会无止境地发生。当液面上升到一定高度时,液面就会停止上升,体系建立渗透平衡。这种恰能阻止渗透现象继续发生而达到动态平衡的压力,称为溶液的渗透压。换言之,当用半透膜将溶液和溶剂隔开时,为阻止渗透发生而在溶液一侧液面上施加的额外压力,称为该溶液的渗透压。

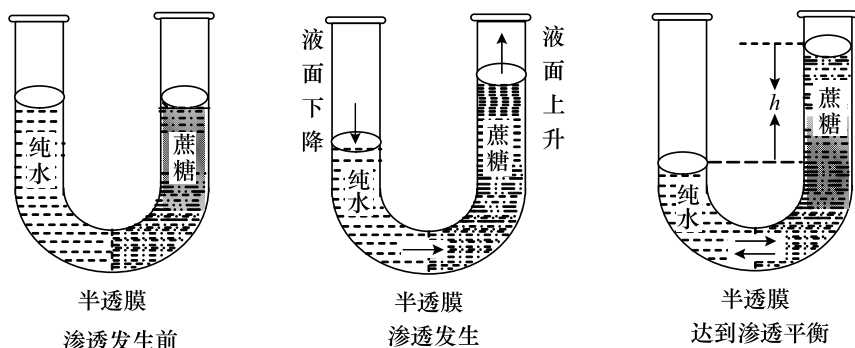


图 2-1 渗透现象及渗透压示意图

课堂活动

人在淡水中游泳，眼睛会感觉胀痛；人在海水中游泳，眼睛会感觉干涩。淡水中的生物与海水中的生物不能互换生存环境。你能解释这是为什么吗？

知识链接

产生渗透现象的原因和条件

虽然溶剂水分子可以双向透过半透膜，但半透膜两侧单位体积内水分子个数不同，纯水中的水分子数比蔗糖溶液中多，因此，单位时间内，纯水透过半透膜进入蔗糖溶液中的水分子数多，蔗糖溶液透过半透膜进入纯水中的水分子数少，产生了进出差，结果表现为水分子透过半透膜进入了溶液，使蔗糖溶液液面升高。产生渗透现象必须具备两个条件，一是有半透膜存在；二是半透膜两侧溶质粒子的浓度不相等。

半透膜在医学上的应用：临床上用聚甲基丙烯酸酯薄膜做半透膜。利用渗析和超过滤（在减压或加压下，使胶粒分散介质、低分子杂质分开的方法）原理，制成了人工肾，能帮助肾功能衰竭的患者清除血液中的毒素，使血液净化。如对尿毒症患者进行的“血透”疗法，就是将患者的血液引出体外，使血液和透析液在透析器（人工肾）内半透膜两侧接触。通过透析使血液中代谢的废物通过半透膜进入透析液中，同时也可从透析液中吸收所需的营养物质，达到清除有害物质的作用。如果将透析液一侧的负压升高，进行超滤，还可达到排除体内过多水分的目的。

二、渗透压与温度、浓度的关系

荷兰化学家范特荷甫通过实验发现，稀溶液的渗透压 $P_{\text{渗}}$ 和溶质 B 的浓度 c_B 及热力学温度 T 成正比，而与溶质的性质及大小无关。这个规律称为范特荷甫定律或渗透压定律，其数学表达式为：

$$P_{\text{渗}} = ic_B RT$$

式中 $P_{\text{渗}}$ 为渗透压，单位为 kPa； c_B 为溶质 B 的物质的量浓度，单位为 mol/L；R 为摩尔气体常数， $R = 8.31 \text{ kPa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ； T 为热力学温度，单位为 K， $T = 273 + t \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

i 为校正系数, 非电解质溶液如葡萄糖的 $i = 1$; 强电解质溶液, i 是指 1 个电解质分子在溶液中电离出的离子数目, 如电解质 NaCl 的 $i = 2$, Na_2SO_4 的 $i = 3$ 。

三、渗透压在医学上的意义

1. 等渗、低渗、高渗溶液

化学上规定, 在相同温度下, 渗透压相等的溶液称为等渗溶液。对于渗透压不相等的溶液, 相对而言, 渗透压高的称为高渗溶液, 渗透压低的称为低渗溶液。

在医学上把溶液中产生渗透作用的各种溶质粒子, 称为渗透活性物质。而渗透活性物质的物质的量浓度, 称为渗透浓度, 常用 mmol/L 表示, 也可用毫渗量/升, 符号为 mOsmol/L, $1 \text{ mmol/L} \approx 1 \text{ mOsmol/L}$, 渗透浓度的计算公式为 $c_{\text{渗}} = ic_{\text{B}} \times 10^3$ 。在温度一定时, 渗透压与渗透浓度成正比, 在医学上往往用渗透浓度来表示溶液渗透压的大小。

临床上, 对等渗、低渗、高渗溶液的规定, 是以正常人血浆渗透压为标准来衡量。正常人血浆的渗透压为 720 ~ 800 kPa, 相当于血浆渗透浓度为 280 ~ 320 mmol/L。凡是渗透浓度在 280 ~ 320 mmol/L 范围之内 (或接近此范围) 的溶液称等渗溶液, 凡是渗透浓度低于 280 mmol/L 的溶液称低渗溶液, 凡是渗透浓度高于 320 mmol/L 的溶液称高渗溶液。临床上常用的等渗溶液有:

0. 154 mol/L (9 g/L) NaCl 溶液 (生理盐水)

0. 278 mol/L (50 g/L) 葡萄糖溶液

0. 149 mol/L (12. 5 g/L) NaHCO_3 溶液

$\frac{1}{6}$ mol/L (18. 7 g/L) 乳酸钠 ($\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$) 溶液

课堂活动

你能计算出 9 g/L NaCl 溶液和 50 g/L 葡萄糖溶液的渗透浓度是多少吗?

2. 渗透压在医学上的意义

输液是临床治疗中最常用的方法之一。输液必须遵循一个根本原则, 即不因输入液体而影响血浆渗透压, 所以大量输液时应使用等渗溶液。由于红细胞膜是半透膜, 细胞内液和细胞外液是等渗的。若输入低渗溶液, 细胞外液浓度下降, 细胞外液中的水分子向细胞内渗透, 导致红细胞胀大, 甚至破裂出现溶血现象。若输入高渗溶液, 细胞外液浓度增大, 细胞内的水分子向细胞外液渗透, 导致红细胞皱缩, 出现浆膜分离现象。红细胞在不同渗透浓度的溶液中的形态, 如图 2-2 所示。只有输入等渗溶液才能维持红细胞正常的生理功能。所以在临床上, 需要给病人大输液时, 一定要输入等渗溶液。为了治疗的需要, 有时也使用高渗溶液。如 500 g/L 的葡萄糖, 但要严格控制滴入速度和每次用量, 以便使溶液在体内被体液稀释, 不致造成危险。此外, 给病人清洗伤口时, 也必须使用生理盐水等等渗溶液, 若用高渗或纯水则导致伤口疼痛; 配制眼药水也必须与眼黏膜细胞的渗透压相同, 否则会刺激眼睛引起疼痛。

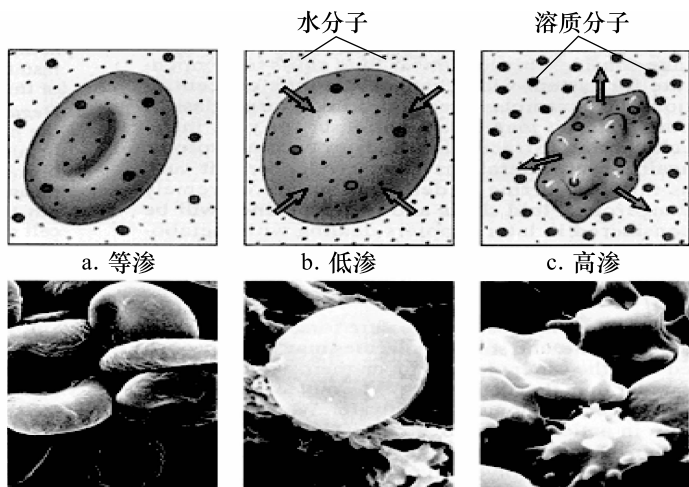


图 2-2 不同浓度 NaCl 溶液对红细胞影响示意图

课堂活动

临床上治疗酸中毒时，注射治疗可以用 112 g/L (1 mol/L) 乳酸钠注射液（规格每支 20 ml），输液治疗则需用 $\frac{1}{6}$ mol/L 乳酸钠溶液。你能解释这是为什么吗？

知识链接

晶体渗透压和胶体渗透压

人体血液中含有葡萄糖、各种无机盐和蛋白质，因而具有相当大的渗透压。其中由无机盐、葡萄糖等低分子晶体物质产生的渗透压称为晶体渗透压，简称晶渗压，它对维持细胞内外的水盐平衡起主要作用。由蛋白质等高分子化合物产生的渗透压称为胶体渗透压，简称胶渗压，它对维持血容量和血管内外水盐平衡起主要作用。血浆总渗压是指晶体渗透压和胶体渗透压之和。

本章小结

1. 物质的量的符号为 n ，单位为 mol。1 mol 任何物质都含有阿伏伽德罗常数 ($N_A = 6.02 \times 10^{23}$) 个基本单元。物质的量 n_B 和基本单元数 N 及阿伏伽德罗常数 N_A 三者之间的关系为 $N = n_B N_A$ 。摩尔质量的符号为 M ，单位是 g/mol。物质的量与质量的关系为 $M = \frac{m}{n}$ 。

2. 溶液浓度的表示方法有物质的量浓度、质量浓度、质量分数和体积分数。公式分别为 $c_B = \frac{n_B}{V}$ ， $\rho_B = \frac{m_B}{V}$ ， $\omega_B = \frac{m_B}{m}$ ， $\varphi_B = \frac{V_B}{V}$ 。

c_B 与 ρ_B 之间的换算公式为 $c_B = \frac{\rho_B}{M_B}$ ， c_B 与 ω_B 之间的换算公式为 $c_B = \frac{\omega_B \rho}{M_B}$ 。

溶液浓度的配制一般分为一定质量溶液的配制和一定体积溶液的配制。溶液在稀释前后溶质的量不变，即 $c_1 V_1 = c_2 V_2$ 。

3. 渗透现象是指稀溶液进入浓溶液的现象。恰能阻止渗透现象继续产生的额外压力称为渗透压。渗透压的计算公式为 $P_{\text{※}} = i c_B R T$ 。血浆的渗透浓度为 280 ~ 320 mmol/L。临床上给病人输液时要输等渗溶液。

+ 自我检测

一、名词解释

1. 溶液的浓度
2. 质量浓度、物质的量浓度、质量分数和体积分数
3. 渗透压
4. 临床上的等渗、低渗和高渗溶液

二、填空题

1. 常用的溶液浓度表示方法有_____、_____、_____和_____。
2. 用物质的量浓度表示时，稀释公式为_____，用体积分数表示时，稀释公式为_____。
3. 物质的量浓度与质量浓度之间的换算关系为_____。物质的量浓度与质量分数之间的换算关系为_____。
4. 物质的量的符号是_____，物质的量的单位符号是_____。
5. 摩尔质量的计算公式为_____，摩尔质量的符号是_____，摩尔质量的单位符号是_____。
6. OH^- 的摩尔质量为_____， NaCl 的摩尔质量为_____，氮原子的摩尔质量为_____。
7. 正常人血浆的渗透压为_____，相当于血浆的渗透浓度为_____。
8. 将红细胞置于高渗溶液中，红细胞将出现_____，若红细胞在低渗溶液中，则将出现_____。

三、选择题

1. 生理盐水是指 NaCl 溶液的浓度为

A. 9 g/L	B. 0.9 g/L	C. 9 mol/L	D. 0.9 mol/L
----------	------------	------------	--------------
2. 0.75 的酒精称为消毒酒精，指的酒精浓度是

A. c_B	B. ρ_B	C. ω_B	D. φ_B
----------	-------------	---------------	----------------
3. 浓溶液稀释成稀溶液时保持不变的是

A. 溶剂的量	B. 溶质的量
C. 溶液的量	D. 溶液的浓度
4. 在临床医学上，正常人血液中葡萄糖含量为 3.9 ~ 6.1 mmol/L，它表示的葡萄糖浓度是

A. c_B	B. ρ_B	C. φ_B	D. ω_B
----------	-------------	----------------	---------------
5. 下列符号中，表示物质的量浓度单位的是

A. g/mol	B. g/L	C. mol/L	D. 任意符号
----------	--------	----------	---------
6. 对摩尔叙述正确的是

A. 摩尔是表示质量的单位	B. 摩尔是表示物质的量的单位
C. 摩尔是表示物质数量的单位	D. 摩尔是表示物质的单位

7. 摩尔的符号是
 A. mol B. g C. n D. m
8. 物质的量的符号是
 A. n B. mol C. m D. g
9. 下列叙述中, 不正确的是
 A. 摩尔是物质的量的单位
 B. 氯气的摩尔质量是 71 g/mol
 C. 分子的摩尔质量如果用克做单位, 数值上就等于该物质的相对分子质量
 D. 分子的摩尔质量如果用 g/mol 做单位, 数值上等于该物质的相对分子质量
10. 对渗透压大小没有影响的是
 A. 溶质的性质和大小 B. 温度
 C. 浓度 D. 无法确定
11. 临床上大量输液时应输入
 A. 等渗溶液 B. 高渗溶液
 C. 低渗溶液 D. 任意浓度溶液
12. 下列各组溶液是等渗溶液的为
 A. 0.1 mol/L NaCl 与 0.1 mol/L CaCl₂
 B. 50 g/L 葡萄糖溶液与 50 g/L 的 NaCl
 C. 50 g/L 葡萄糖溶液与 50 g/L 蔗糖溶液
 D. 0.15 mol/L NaCl 与 0.1 mol/L CaCl₂
13. 下列溶液中间用半透膜隔开, 会产生渗透现象的是
 A. 0.1 mol/L NaCl 与 0.1 mol/L KCl
 B. 0.1 mol/L NaCl 与 0.1 mol/L CaCl₂
 C. 0.1 mol/L 蔗糖与 0.1 mol/L 葡萄糖
 D. 0.2 mol/L 葡萄糖与 0.1 mol/L NaCl
14. 正常人血浆的渗透浓度为
 A. 280 ~ 320 mol/L B. 280 ~ 320 mmol/L
 C. 280 ~ 320 g/L D. 280 ~ 320 mg/L

四、计算题

- 有 $\varphi_B = 0.95$ 酒精溶液 750 ml, 能配制消毒酒精多少毫升?
- 临床上使用的氯化钾注射液 ($\rho_B = 100$ g/L), 其物质的量浓度为多少?
- 临床消毒用的高锰酸钾溶液浓度为 $\rho_B = 0.2$ g/L, 计算配制 1 500 ml 消毒用高锰酸钾溶液, 需要高锰酸钾多少克?
- 健康人每 100 ml 血清中含 10.0 mg Ca²⁺ 离子, 计算健康人血清中 Ca²⁺ 离子的物质的量浓度。
- 将等体积的生理盐水和 50 g/L 的葡萄糖溶液混合, 通过计算说明此混合液是等渗溶液, 还是高渗溶液或低渗溶液?
- 临床上常用的人工肾透析液, 每 10 000 ml 中含葡萄糖 0.11 mol、NaCl 0.95 mol、NaAc (醋酸钠) 0.35 mol、KCl 0.01 mol、MgCl₂ 0.01 mol、CaCl₂ 0.015 mol, 问此透析液是等渗、低渗还是高渗溶液?

本章实验 溶液的配制和稀释

一、实验目的

1. 说出配制溶液的主要步骤和各步骤中使用的仪器。
2. 正确进行溶液的配制和稀释的操作。
3. 熟练掌握托盘天平和量筒的正确使用方法。

二、实验用品

托盘天平, 50 ml 量筒, 小烧杯, 玻璃棒, 称量纸等。

三、实验试剂

固体 NaCl, $\varphi_B = 0.95$ 的药用酒精。

四、实验内容

1. 溶液的配制

配制 50 ml 50 g/L NaCl 溶液。

(1) 计算: 算出配制质量浓度为 50 g/L NaCl 溶液 50 ml, 所需 NaCl 的质量。

(2) 称量: 用托盘天平称取所需 NaCl 的质量放入小烧杯中。

(3) 溶解: 用量筒量取约 20 ml 蒸馏水倒入烧杯中, 用玻璃棒搅拌使之溶解。

(4) 定量转移: 用玻璃棒作引流, 将 NaCl 溶液引流至 50 ml 量筒中, 再用少量蒸馏水洗涤烧杯 2~3 次, 洗涤液一起转入量筒中。

(5) 稀释、定容: 缓慢加入蒸馏水接近 50 ml 刻度时, 改用胶头滴管逐滴加入蒸馏水, 至液面凹面处与 50 ml 刻度线相切。用玻璃棒搅拌均匀。

(6) 装瓶: 将配制好的 NaCl 溶液装入干燥试剂瓶中。

(7) 贴上标签 (标有溶液名称、浓度、配制日期)。

2. 溶液的稀释

用 $\varphi_B = 0.95$ 的药用酒精配制 $\varphi_B = 0.75$ 的消毒酒精 50 ml。

(1) 计算: 算出配制 50 ml $\varphi_B = 0.75$ 的酒精需要 $\varphi_B = 0.95$ 的酒精的体积。

(2) 量取: 用 50 ml 量筒量取所需 $\varphi_B = 0.95$ 的酒精体积。

(3) 稀释、定容: 加蒸馏水稀释, 当液面接近 50 ml 刻度时, 改用胶头滴管加至液面凹面与 50 ml 刻度相切。用玻璃棒搅拌均匀, 倒入指定的回收瓶中。

五、实验思考题

1. 读取溶液的体积时应注意什么问题?

2. 在用量筒配制溶液时, 如果加蒸馏水超过了刻度, 倒出一些溶液, 再重新加蒸馏水到该刻度, 这种做法对吗? 为什么?

实验报告 溶液的配制和稀释

班级_____ 姓名_____ 学号_____ 实验时间_____ 成绩_____

实验项目	计算公式和计算结果	操作要领
1. 配制 50 ml 50 g/L NaCl 溶液		
2. 用 $\varphi_B = 0.95$ 的药用酒精配制 $\varphi_B = 0.75$ 的消毒酒精 50 ml		

讨论：

批阅教师：