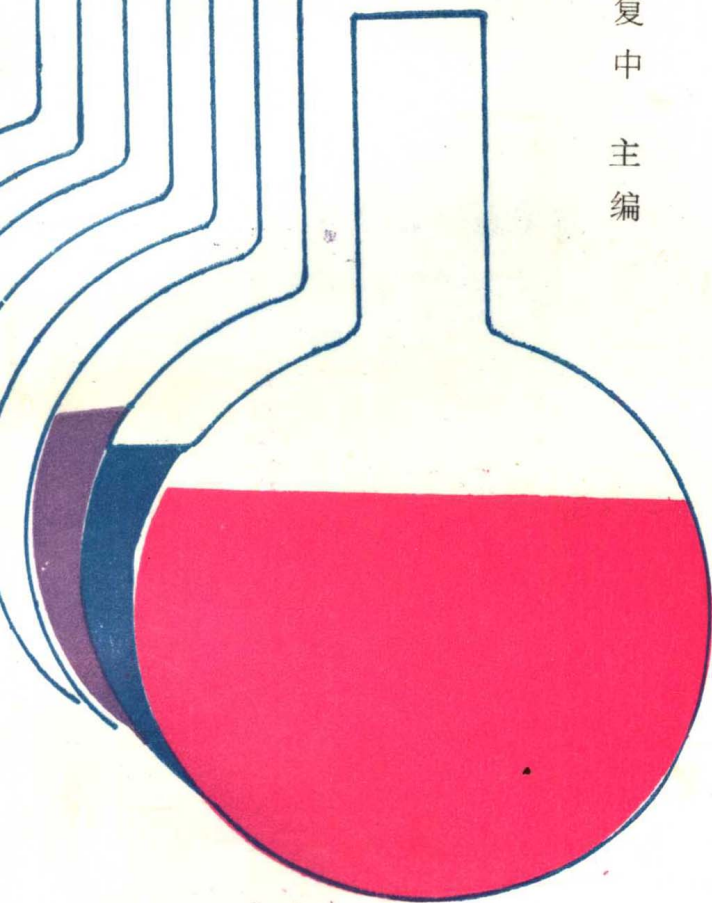


基础化学学习指导

赵复中 主编



· 人民卫生出版社 ·

基础化学学习指导

赵复中 主编

虞光明 杨秀岑 副主编

人 民 卫 生 出 版 社

(京)新登字 081 号

责任编辑 张月如

封面设计 萧恩仲

基础化学学习指导

赵复中 主编

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

人民卫生出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米32开本 8 $\frac{3}{4}$ 印张 2 插页 197千字

1992年6月第1版 1992年6月 第1版第1次印刷

印数: 00 001—16 100

ISBN 7-117-01735-X/R·1736 定价: 4.00元

编者名单

- 张玉珍 (首都医学院)
顾国耀 (上海第二医科大学)
李丽英 (同济医科大学)
李惠珍 (苏州医学院)
马冰如 (白求恩医科大学)
王宝珍 (白求恩医科大学)
杨秀岑 (华西医科大学)
韩振茂 (南京铁道医学院)
虞光明 (天津医学院)
路生满 (中国医科大学)
赵复中 (南京医学院)
吕余庆 (重庆医科大学)
张炳海 (上海医科大学)
陈学平 (浙江医科大学)

审校者

- 丁绪亮 (南京医学院)

前 言

《基础化学》是医学院校一年级学生首先接触到的一门与医学关系较为密切的普通基础课，其内容涉及无机化学、分析化学、物理化学及胶体化学中某些基础知识、基本理论和基本操作技术，与中学化学相比，跨度较大；而高校在教学进度、形式、方法等方面与中学又有较大的差别，这对长期习惯于中学生活的一年级学生来说，无疑会出现较大的困难。鉴于基础化学在医学教育中的使命和大学一年级学生的特点，迫切需要采取符合实际、有别于中学和大学高年级的教学方法，在帮助学生加速从中学到大学过渡的同时，指导学生圆满完成本门课程的学习任务。《基础化学学习指导》就是在很多医学院校热心同仁的鼓励和促进下，根据上述设想而进行的一种尝试。

本书是《基础化学》（第三版，丁绪亮主编，人民卫生出版社，1990年7月）的配套辅助教材，也可与各地自编或协编的医学院校基础化学教材配合使用。它的宗旨是：帮助学生了解本课程的基本要求，起类似于大纲的指导作用；引导学生勤于思考、善于分析，以提高学生分析问题、解决问题的能力；强化重点，化解难点，帮助消化吸收，让学生通过自我检测了解自己对教材内容的掌握情况，找出差距，总结经验，调整方法，进一步发挥主观能动性，提高学习效率，化较少的时间获得较大的收益。

本书按章编排，章节顺序与《基础化学》（第三版）同。每章分基本要求、内容提要、例题分析、自我测验题四部分。

为方便读者，书后附有自我测验题的答案，计算题还列出了简单的解题过程。限于篇幅，问答题未作解答。全书的图、表及公式独立编号。有关常数均引用《基础化学》（第三版）附录。

《基础化学》（第三版）的编者参加了本书的编写工作。主编丁绪亮教授审阅全书，富有经验的虞光明教授、杨秀岑教授、汪迺经教授等在编写过程中给予热心指导。他们对本书的编写起了至关重要的作用，在此一并表示深切的谢意。

编者虽作了很大的努力，但由于水平所限或考虑不周，难免还会有错误及不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

1991年10月于南京

目 录

第一章	绪论	1
第二章	稀溶液通性	14
第三章	电解质溶液	29
第四章	缓冲溶液	60
第五章	酸碱滴定法	76
第六章	化学反应的能量变化、方向和限度	94
第七章	化学反应速度	120
第八章	原子结构和元素周期律	138
第九章	共价键和分子间力	160
第十章	配位化合物	182
第十一章	电极电位和电池电动势	206
第十二章	表面现象和胶体溶液	222
第十三章	可见-紫外分光光度法	240
	自我测验题答案	253

第一章 绪 论

基 本 要 求

一、了解化学研究的对象、研究的方法、化学与医学的关系，从而明确医学生学习化学的目的，不断改进学习方法，逐步提高学习效果。

二、掌握物质的量、物质的量浓度、摩尔分数、质量摩尔浓度等法定计量单位的定义，表示方法及其计算。

三、掌握气体吸收系数的定义、影响因素及其应用；了解分配定律及萃取原理，熟悉元素氧化数的概念。

内 容 提 要

第一节 化学研究的对象

化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律和变化过程中能量关系的科学。

无机化学、有机化学、分析化学和物理化学是基础化学四大传统学科。这本《基础化学》包括了无机化学、分析化学、物理化学中与医学有关的基本知识、基本理论，为后续医学课程打下必备的化学基础。

第二节 化学研究的方法

化学是一门实验科学。研究的方法是从观察记叙实验事实开始的，由实验获得的观测结果要经过综合归纳，力图提高到理性认识。其间往往要经过假说阶段，假说还要经过进

一步的观测和反复验证以后，才成为正确的理论和定律。而且，任何理论也还要发展，不会永远停止在一个水平上。人们的创造性思维常常起源于对已有观念和理论的怀疑，进而提出新的问题。这就是实践、认识、再实践、再认识，以至获得真理的辩证唯物主义的研究方法。

第三节 化学与医学的关系

医学科学的发展和现代化依赖于生物学的发展，而生物学的发展和现代化在很大程度上要依赖于化学科学的发展，并应用化学的理论和方法。

生命是一种化学过程，无论从蛋白质、核酸的化学组成和生命功能看，还是从生物新陈代谢的物质和能量交换过程来看，生命运动是经过一系列化学运动来实现的。研究生命活动的生物化学就是从无机化学、有机化学和生理学发展起来的。它利用化学的原理和方法研究人体各组织的组成、亚细胞结构和功能、物质代谢和能量变化等生命活动。分子生物学的产生和发展使人们对于生命的了解深入到分子水平，对医学和其它有关的生物学科产生了重大影响。而化学正是在原子、分子水平层次上研究物质组成、结构和性质以及相互转化的科学。因此，分子生物学的发展是受化学发展水平制约的。

正因为化学与医学有密切的关系，所以在国内外高等医学教育中，历来都将化学作为重要的基础课。医学生在中学化学知识的水平上进一步学习与医学有关的一些现代化学的基本概念、基本原理和基本技能技巧，其目的方面是有利于后续课程（例如生物化学、生理学、药理学等）的学习，另一方面，从长远看，这些化学中的基本原理和实验方法对医学生

将来从事专业工作也会提供更多的思路和解决实际问题的方法。

第四节 怎样学好基础化学

大学的教学方法与中学不同。大学讲授往往是突出重点而不是面面俱到，讲授中可以有所精简、补充和调整，进度也较快。因此，学生最好能做到课前预习，带着问题听课。听课时要紧跟老师的思路积极思考，产生共鸣。要适当做笔记，以分清主次，突出要点和关键，利于复习。课后要及时复习，在理解的基础上要记住基本概念和基本原理的要点以及重要的公式，并能应用它们解决问题。要独立、及时完成作业，做作业的过程可以巩固和提高所学到的知识，也有助于培养独立思考、分析问题、解决问题及书面表达能力。

要善于利用图书馆，学会查阅、使用参考书。只看一本书，思路容易受到限制，如能查阅有关参考书，不但可以加深理解课程内容，还可以扩大知识面，活跃思路，提高学习兴趣，培养独立思考和自学能力。

实验是化学教学中的一个重要环节，通过实验可以加深理解、巩固、扩大所学的知识面，同时也可以训练基本操作技能，培养动手能力及观察现象、分析现象、作出结论的能力，培养科学的工作方法。因此，要认真对待每一次实验。

总之，要学好化学就必须努力提高学习的主动性和自觉性。其主动自觉精神要贯彻在预习、听讲、做笔记、复习、完成作业，向老师质疑、参加实验、阅读参考书等各方面。由于各人情况不同，学习方法不能强求一律，应根据本人的实际情况，采取行之有效的方法并在实践中不断完善，才能逐步提高学习效果。

第五节 预 备 知 识

一、物质的量和物质的量浓度

(一) 物质的量

物质的量是我国法定计量单位制中的七个基本量之一。

原子、离子、分子、电子等微观粒子都很小，而数目很大，所以不可能用数数的办法计量微粒的数目。在1971年第十四届国际计量大会上确定以物质的量作为表示物质数量的物理量。它的符号为 n （注意量的符号用斜体表示）。

物质B的物质的量 n_B 就是以阿佛加德罗常数为计数单位来表示物质指定的基本单元B是多少的一个物理量。物质的量的单位是摩[尔]*，符号为mol（注意量的单位符号用正体表示）。它的定义如下：“摩尔是一系统的物质的量，该系统中所包含的基本单元数与 $0.012\text{kg}^{12}\text{C}$ 的原子数目相等”。若某系统中物质B的基本单元数与 $0.012\text{kg}^{12}\text{C}$ 的原子数目相等（含 6.022×10^{23} 个碳原子），则物质B的物质的量为 1mol 。可表示为 $n_B = 1\text{mol}$ 。

必须注意：使用物质的量及其单位摩[尔]时基本单元必须同时指明。基本单元可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子，或是这些粒子的特定组合。如 $n(\text{H})$ ， $n(\text{H}_2)$ ， $n(\text{H}^+)$ ，其基本单元分别为H原子、 H_2 分子、 H^+ 离子； $n(2\text{NaOH})$ ， $n(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4)$ ， $n(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4)$ ，其基本单元是包括化学计量数在内的化学式； $n(\text{C}-\text{H})$ 其基本单元为碳氢单键； $n(\text{H}_2 + 0.7\text{O}_2)$ 其基本单元为 H_2 和 O_2 两种分子的特定组合。

(二) 物质的量浓度

物质的量浓度（简称浓度）定义为物质的量除以溶液的

* 注：摩[尔]是单位的名称，若作为中文单位使用则只用摩，[尔]取消。

体积,即 $c_B = n_B/v$ 。式中 c_B 为物质B的物质的量浓度。 c 用小写斜体字母表示。物质的量浓度的单位应是 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$,读作“摩尔每立方米”,由于立方米的单位太大,故常用 $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 或 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ *,分别读作“摩尔每立方分米”和“摩尔每升”。

注意:因物质的量浓度是物质的量导出单位,在使用时同样须指明物质的基本单元。

按照规定,物质B的浓度除用符号 c_B 表示外,在化学中还可以用符号 $[B]$ 表示。由于在化学中常涉及到两种浓度,即总浓度与平衡浓度,因此,在标准中虽然规定 c_B 与 $[B]$ 是同一含义的两个符号,但习惯用 c_B 表示总浓度,用 $[B]$ 表示平衡浓度。

世界卫生组织提议,凡是分子量已知的物质在人体内的浓度,都用物质的量浓度表示。只有分子量迄今未知或尚未准确测得的物质暂时可用质量浓度表示,其单位为 $\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$ 或 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,或 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。质量浓度单位中表示质量的单位可以是 kg 、 g 、 mg 等,而表示溶液体积的单位只能用 L 。过去医学上常见的用%代替分母100ml的写法已经取消。严格地讲,5%葡萄糖注射液应改写成 $50\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

二、摩尔分数、质量摩尔浓度

摩尔分数是物质的量分数的简称。它表示某物质的物质的量与混合物的总物质的量之比。常以符号 X 表示,它没有单位。设某溶液由溶质B和溶剂A组成,则溶质B的摩尔分数为:

$$X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} \quad \text{同理} \quad X_A = \frac{n_A}{n_B + n_A}$$

显然 $X_A + X_B = 1$ 。纯物质 $X = 1$,混合物中任一物质的 $X < 1$ 。

* 单位升,是立方分米的专门名称,已被选作法定计量单位。

质量摩尔浓度是指溶质B的物质的量除以溶剂的质量，符号为 m_B ，单位符号为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，读作摩尔每千克。

三、气体在液体中的溶解度

气体在溶解过程中也有平衡存在，气体的溶解平衡是指在密闭容器中，溶解在液体中的气体分子与液面上的气体分子保持平衡。溶解达平衡时，气体在液体中的含量就是气体的溶解度。气体的种类不同，溶解度也不同。如 H_2 、 O_2 、 N_2 等气体在水中的溶解度较小，属物理溶解；而 CO_2 、 HCl 、 NH_3 等气体在水中的溶解度较大，且伴有化学反应，属化学溶解。

气体在液体中的溶解度，还受温度、压力和溶液中其他成分的影响。

气体溶于液体中，相当于气体的液化，通常要放热。温度升高，平衡向吸热方向移动，溶解的气体向外逸出，所以温度升高，气体的溶解度减小。

气体溶解时，体积变化较大，压力对气体溶解度的影响也比较大。它符合 Henry 定律：“在一定温度时，气体的溶解度与液面上该气体的平衡分压成正比”。Henry 定律只适用于气体分压不大，溶解度较小的气体。

气体的分压是混合气体中每一种气体单独占有混合气体的体积时所呈现的压力。如果知道混合气体的总压力 P 和某一气体在混合气体中所占的摩尔分数 X_i （或体积百分数），则该气体的分压 P_i 可表示为： $P_i = PX_{i0}$ 。

气体在水中的溶解度，可因水中含有其它溶质而降低，当有盐类存在时，这种影响更加明显。这可能是由于盐类离子与水分子形成水合离子而降低了水溶解气体的能力。从教材表 1-3 可见，气体在血浆中的溶解度都比在水中的溶解度小，这是因为血浆中含有盐类和蛋白质等溶质，而使气体的

溶解度降低了。

气体的溶解度可用不同的方法表示，通常用气体的吸收系数表示，符号为 α 。它是指在给定温度下，气体分压为101.3kPa时，单位体积液体中所能溶解气体的标准体积（气体在0℃，101.3kPa时所占的体积）。例如35℃时CO₂在水中的吸收系数 $\alpha = 0.592$ 。其含意是在35℃时，CO₂的压力为101.3kPa时，1L水能溶解相当于0℃ 101.3kPa时CO₂气体0.592L。

四、分配定律

大量实验结果表明，在一定温度下，溶质溶解在两种互不相溶、而又相互接触的溶剂中的浓度比是一个常数，此常数称为分配系数。此规律称为分配定律。即：

$$c_A/c_B = K$$

K 实际上就是溶质在两种溶剂中的溶解度之比。

根据分配定律的原理，利用同一溶质在互不相溶的两种溶剂中溶解度的差别，可以把溶质从一种溶剂中抽提到另一种溶剂（萃取剂）中去。这个过程叫做萃取。例如可利用四氯化碳将水溶液中的碘抽提到四氯化碳中去。萃取是一种有效的分离技术。为提高萃取效果，可采用“少量多次”的萃取方法，即每次用少量的萃取剂，进行多次萃取，其萃取效果要比用同量萃取剂进行一次萃取的效果好。

五、元素的氧化数

元素的氧化数是元素的一个原子在纯物质中按下列规定所表现出来的形式电荷数。计算时以化学式为依据，规则如下：

1. 在中性分子中，各元素氧化数的代数和为零；在复杂离子中，各元素氧化数的代数和等于该离子的电荷数。

2. 单质中元素的氧化数为零。化合物中元素的氧化数一般正负之分，其符号决定于元素电负性的相对大小（见教材 181 页），电负性较大的为负，电负性较小的为正。

3. 在化合物中规定：氧的氧化数一般为 -2 ，在过氧化物（如 H_2O_2 ）中为 -1 ，在 OF_2 中为 $+2$ ，在超氧化物（ KO_2 ）中为 $-\frac{1}{2}$ ；氢的氧化数一般为 $+1$ ，在金属氢化物中（如 NaH ）为 -1 ；氟在所有化合物中的氧化数均为 -1 ；碱金属的氧化数为 $+1$ ；碱土金属的氧化数为 $+2$ 。根据这些标准，结合上述两条规则，可以推算出其它元素的氧化数。

4. 氧化数可以是整数，也可以是分数。氧化数一般写在该元素符号的右上方，且将正负号写在数值之前，以区别于离子的电荷数。

因为有时元素的氧化数与其化合价正好一致，因而多年来不少人把它们误认为是一回事。元素的化合价与物质结构密切相关，其值均为整数，而氧化数与结构无直接联系，在未知结构的化合物中可以根据化学式来求得氧化数，其值可以是整数也可以是分数。

例题分析

〔例 1-1〕 1mol H^+ 和 $1\text{mol } \frac{1}{2}\text{H}_2$ 的含义有何区别？ $1\text{mol } (\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2)$ 中 H_2 和 O_2 的质量分别为多少克？

答：虽然 1mol H^+ 和 $1\text{mol } \frac{1}{2}\text{H}_2$ 的质量都是 1.008g ，但前者的基本单元为 H^+ ，适用于有 H^+ 的物质，后者的基本单元为 $\frac{1}{2}\text{H}_2$ ，适用于有 H_2 的物质，因有 H_2 才可指定 $\frac{1}{2}\text{H}_2$ 为基本单元。

$1\text{mol } (\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2)$ 中 H_2 的质量为 $1.008 \times 2 = 2.016\text{g}$ ， O_2 的质量为 15.999g 。

〔例 1-2〕 400g 水中加入 95% H_2SO_4 100g, 测得该溶液的密度为 $1.13\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$, 计算此溶液的质量摩尔浓度、物质的量浓度、摩尔分数。

解: 此处 95% H_2SO_4 是指百分含量即 100 克 H_2SO_4 水溶液中, H_2SO_4 占 95g, 水占 5g。

因摩尔质量 M 等于质量除以物质的量

$$M_B = \frac{W}{n_B}$$

$$\begin{aligned}\text{所以 } m(\text{H}_2\text{SO}_4) &= \frac{95/98}{400+5} \times 1000 \\ &= 2.39 \text{ (mol}\cdot\text{kg}^{-1}\text{)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c(\text{H}_2\text{SO}_4) &= \frac{95/98}{500/1.13} \times 1000 \\ &= 2.19 \text{ (mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X(\text{H}_2\text{SO}_4) &= \frac{95/98}{95/98 + 405/18} \\ &= 0.041\end{aligned}$$

〔例 1-3〕 37°C , O_2 在血浆中的吸收系数为 0.0214, 当 O_2 分压为 4.00kPa 时, 1L 血浆中溶解 O_2 的标准体积为多少?

解: 37°C , O_2 在血浆中的吸收系数为 0.0214, 即在 37°C 时, O_2 的分压为 101.3kPa 时, 1L 血浆能溶解 O_2 的标准体积为 0.0214L。若求 O_2 的分压为 4.00kPa 时, 在 37°C , 1L 血浆中所溶解的 O_2 的标准体积可按亨利定律计算为:

$$0.0214 \times \frac{4.00}{101.3} = 0.00085 \text{ (L)} = 0.85\text{ml}$$

〔例 1-4〕 试证明若在 V ml 碘水中，加入等体积四氯化碳，充分振荡达平衡后，四氯化碳将会把原水溶液中 86/87 的碘萃取出来。

解：根据 $K = c(\text{CCl}_4)/c(\text{H}_2\text{O}) = 86$

令 V ml 碘水中含碘 q_0 g，加入等体积四氯化碳，充分振荡达平衡后， V ml 碘水中剩余碘 q_1 g，则

$$\frac{c(\text{CCl}_4)}{c(\text{H}_2\text{O})} = \frac{(q_0 - q_1)/V}{q_1/V} = 86$$

$$\text{得 } q_1 = \frac{1}{87} q_0 \quad \text{即有 } \frac{86}{87} q_0 \text{ g 碘进入四氯化碳。}$$

〔例 1-5〕 10°C ，99.70 kPa 时，1 升水中溶有 O_2 和水蒸气的混合气体 0.0523 g， 10°C 时水的蒸气压为 1.23 kPa，如果 O_2 溶于水符合亨利定律，求 O_2 的吸收系数。

解：(1) 设 0.0523 g 混合气体中含 O_2 x g，则含水蒸气 $(0.0523 - x)$ g。根据混合气体中某气体分压与其摩尔分数成正比，则 O_2 和 H_2O （水蒸气）的物质的量之比等于其分压比，即可算出 O_2 的质量。

$$\frac{x}{32} : \frac{0.0523 - x}{18} = (99.70 - 1.23) : 1.23$$

$$x = 0.0519 \text{ (g)}$$

(2) 由溶解 O_2 的质量算出其标准体积

$$\frac{0.0519}{32} \times 22.4 = 0.0363 \text{ (L)}$$

(3) 根据亨利定律，求出 O_2 的吸收系数 α

$$(99.70 - 1.23) : 101.3 = 0.0363 : \alpha$$

$$\alpha = 0.0373$$