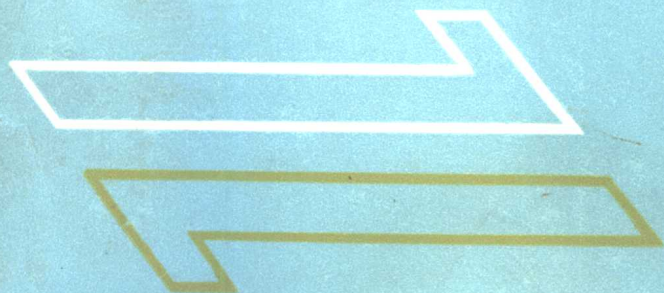


PUTONG HUAXUE FUDAO

李明馨 陈林根 何燕生 编



普通化学辅导

中国铁道出版社

普通化学辅导

编 者

李明馨 (浙江大学)

陈林根 (浙江大学)

中 国 铁 道 出 版 社

1984年·北京

内 容 简 介

本书是为配合中央广播电视大学教材《普通化学》及电视大学授课内容而编写的辅导教材。每章中分别指明目的要求，并在内容提要的叙述中对易混淆的概念、疑难问题进行必要的提醒，补充了一些基本概念；每章中均有典型例题进行分析，指出易错之处；此外，每章后还附有各种形式的习题，书末附有习题解答。本书可供广播电视大学和职工大学学员使用，也可供普通高等工科院校学生以及辅导教师参考使用。

普通化学辅导

李明馨 陈林根 何燕生 编

中国铁道出版社出版

责任编辑 许虹进 封面设计 王毓平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：11.5 字数：261千

1984年3月 第1版 第1次印刷

印数：0001—70,000册 定价：1.45元

前 言

考虑到广大读者的要求，我们在中央广播电视大学1982年用《普通化学》教学辅导材料的基础上，重新编写了《普通化学辅导》，以帮助各类高等学校工科学生及自学青年学习浙江大学编写的《普通化学》（1981年修订本）教材。

本书按教材的章次，每章分四部分叙述。第一为目的要求，提出了各章学习目的及具体要求程度。第二为内容提要，根据目的要求对一些基本概念和必须掌握的定义、公式等作了扼要的叙述；对于一些应注意的地方作了提醒，对于某些易混淆的概念或疑难问题作了阐明。此外，还适当补充了一些基本概念、基础知识和计算，以利于对某些内容的学习。第三为例题分析，用例题的形式反映各章的一些基本内容和具体要求，进行解题分析；提出解题中学生易犯的一些错误，以帮助学生掌握有关内容，提高分析问题和解决问题的能力。第四为习题，根据各章的要求，用多种形式列出了一些习题，供学生自我检查用。对一些较难的习题，还写了提示，启发学生思考、解答。书末并附有习题的答案。

对于教材中的小字部分，根据目前教学情况，作了不同程度的处理，对其中某些偏深、暂不作要求的内容，未予提及。

参加本书编写工作的有陈林根（编写第一章至六章）、何燕生（编写第七、八章）、李明馨（编写第九章），全书由李明馨（主编）修改、定稿。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中错误及不妥之处尚希读者批评指正。

作 者

1984年2月

目 录

第一章 物质的聚集状态与溶液	1
I、目的要求.....	1
II、内容提要.....	2
§ 1—1 物质和物质的聚集状态.....	2
§ 1—2 气体定律.....	9
§ 1—3 稀溶液的通性.....	13
III、例题分析.....	20
IV、习 题.....	25
第二章 化学反应速度与化学平衡	28
I、目的要求.....	28
II、内容提要.....	29
§ 2—1 化学反应速度.....	29
§ 2—2 化学平衡.....	36
§ 2—3 焓、熵和自由焓.....	43
III、例题分析.....	52
IV、习 题.....	66
第三章 电解质溶液	72
I、目的要求.....	72
II、内容提要.....	73
§ 3—1 电解质的电离.....	73
§ 3—2 同离子效应和缓冲溶液.....	78
§ 3—3 盐类的水解.....	82
§ 3—4 酸碱的质子理论.....	86

§ 3—5 多相离子平衡	87
Ⅲ、例题分析	91
Ⅳ、习 题	100
第四章 氧化还原与电化学	105
Ⅰ、目的要求	105
Ⅱ、内容提要	107
§ 4—1 氧化还原反应	107
§ 4—2 原电池和电极电位	114
§ 4—3 电解	124
§ 4—4 金属腐蚀及其防止	130
§ 4—5 化学电源	133
Ⅲ、例题分析	136
Ⅳ、习 题	142
第五章 原子结构与周期系	147
Ⅰ、目的要求	147
Ⅱ、内容提要	148
§ 5—1 氢原子结构	148
§ 5—2 多电子原子结构和周期系	159
§ 5—3 元素性质的周期性递变和原子结构 的关系	166
Ⅲ、例题分析	169
Ⅳ、习 题	173
第六章 化学键与晶体结构	177
Ⅰ、目的要求	177
Ⅱ、内容提要	178
§ 6—1 化学键	178
§ 6—2 分子间力和氢键	186
§ 6—3 晶体的内部结构	189

III、例题分析	195
IV、习 题	199
第七章 单质与无机化合物	204
I、目的要求	204
II、内容提要	205
§ 7—1 单质的物理性质和晶体结构	205
§ 7—2 单质的化学性质	214
§ 7—3 无机化合物的物理性质和晶体结构	223
§ 7—4 无机化合物的化学性质	230
III、例题分析	250
IV、习 题	254
第八章 络合物	258
I、目的要求	258
II、内容提要	259
§ 8—1 络合物的概念	259
§ 8—2 络合物的化学键和空间构型	264
§ 8—3 络合物在溶液中的状况	271
§ 8—4 络合物的应用	276
III、例题分析	279
IV、习 题	282
第九章 有机化合物	286
I、目的要求	286
II、内容提要	287
§ 9—1 有机化合物的分类、命名和结构	288
§ 9—2 有机化合物的重要反应	297
§ 9—3 高分子化合物的特征和合成	303
§ 9—4 高分子化合物各论	305
§ 9—5 高分子化合物的结构和性能	315

III、例题分析	319
IV、习 题	325
习题答案	330
附表 1 一些基本物理常数	349
附表 2 一些物质的标准生成焓、标准生成自由焓 和标准熵的数据	349
附表 3 一些常见弱电解质在水溶液中的电离常数	352
附表 4 一些常见物质的溶度积	354
附表 5 一些水合离子的标准生成焓、标准生成自 由焓和标准熵的数据	355
附表 6 标准电极电位	356
附表 7 一些络离子的稳定常数	357
附表 8 国际原子量表	358

第一章 物质的聚集 状态与溶液

I、目的要求

本章主要为讨论以后各章，尤其是化学平衡及能量关系作一些概念和知识上的准备。气体定律和溶液浓度计算是讨论化学反应和化学平衡时必须涉及的两个基本知识单元，因此要明确它们的有关概念、定义和计算公式，并能灵活运用。“体系”、“相”等概念是以后讨论化学反应和化学平衡时的基本术语，要求从本章开始能逐步理解它们的含义。对于稀溶液的通性即依数性，虽给出了定量计算的公式，但主要应注意它的适用范围，掌握依数规律的定性判断比较。对于几种主要聚集状态及其物理特性、稀溶液依数性的意义和应用等，由于在生活、生产、科研中经常碰到，也要求有科普性了解。

关于气体定律的要求程度是：

1. 明确气体状态方程式 $PV = nRT$ 及分压定律表达式 $P = p_A + p_B + \cdots$ 和 $p_A = \frac{n_A}{n}P$ 的形式，注意其中各符号所表示的意义（推导过程不要求）。

2. 能理解“分压”、“摩尔分数”以及“体积分数”等概念的含义。

3. 明确气体常数 R 的意义，注意它的数值和单位。

4. 做题时能正确应用气体状态方程式和分压定律，并正确选用 R 的数值和单位。

关于浓度计算的要求程度是：

1. 联系中学知识，明确五种浓度的定义、计算公式的特征（分子、分母所代表的是溶质、溶剂还是溶液，所用单位是升、千克还是摩尔数）。

2. 掌握重量浓度与体积浓度单位之间的相互换算，正确使用密度 ρ 和质量 m 、体积 V 之间的关系。

3. 明确当量浓度和摩尔浓度的比较。

关于稀溶液通性的要求程度是：

1. 了解稀溶液依数性的几个经验公式：

$$\Delta p = p_1^0 x_2$$

$$\Delta t_{\text{沸}} = K_{\text{沸}} m$$

$$\Delta t_{\text{凝}} = K_{\text{凝}} m$$

$$P_{\text{渗}} = CRT$$

的形式及各公式中有关符号所表示的意义。

2. 注意依数性的适用范围，掌握依数规律的定性判断比较。

3. 明确稀溶液中重量摩尔浓度 m 与体积摩尔浓度 M 近似相等，并可互相替用。

4. 了解稀溶液依数性的实际应用。

II、内 容 提 要

§ 1—1 物质和物质的聚集状态

化学是研究物质的组成、结构、性质、变化规律和变化过程中能量关系的科学，因此首先应明确关于物质的一些基本概念。

一、物质微粒及其计量

1. 物质微粒

从物质的结构来说，在化学上涉及的物质微粒主要是分子、原子、离子、电子等等。它们都是肉眼看不见的物质微观粒子。

原子是化学反应中的最小微粒。离子是带有电荷的原子或原子组合体（原子团），例如 Na^+ 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 等。分子是由原子组合成的一种物质微粒。因此原子、离子、分子都可被认为是物质的结构单元，或称结构微粒。物质结构微粒的组成常用化学式来表示，例如 Fe 、 Ar 、 NaCl 、 H_2O 、 H_2SO_4 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 、 $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ 等等。

2. 体 系

研究化学的着眼点是分子、原子、离子、电子等微观的结构微粒。但人们接触、感受到的常是宏观的物质（实物）。宇宙充满着物质，物质之间总是彼此联系、相互影响着。为了研究的方便和需要，还必须把研究的对象和周围的环境隔离开来，这一被隔离开来进行研究的对象就称为体系。例如，以一只烧杯中的溶液（500毫升0.1MNaCl溶液）作为研究对象，这就是一个体系。认识一个体系或确定一个体系，应该注意体系中的物质是什么，量（宏观的量或微观粒子的量）有多少。

3. 摩 尔

体系中物质微粒（分子、原子、离子、电子等）的量如何表示？1896年W. Ostwald在化学领域引入了“摩尔”（英文mole的音译，拉丁原文Moles包含一大堆一大堆的“堆”的意义）概念。1960年在巴黎召开的第十一届国际计量大会上，“摩尔”被选定作为国际单位（SI）制七个基本单位之一。1967年由国际计量委员会提出，于1971年10月在第14届国际权度大会（CGPM）上被正式通过，它作为国际单位制中的第七个基本单位。

1 摩尔的任一物质中所含的结构微粒数与0.012千克碳-12的原子数目（目前的精确数值为 6.022045×10^{23} 个）相等，即与亚佛加德罗(Avogadro)数（符号 N_A ）相等。例如：

1 摩尔氢原子表示含有 N_A 个氢原子(H)

1 摩尔氢分子表示含有 N_A 个氢分子(H_2)

1 摩尔氢离子表示含有 N_A 个氢离子(H^+)

这里要注意：摩尔是微观粒子的量的单位，微观粒子可以是分子、原子、离子、电子及其它粒子。在使用摩尔时，必须指明是什么物质结构微粒。对于上面的例子，如果改为“1 摩尔氢表示含有 N_A 个氢”是不明确的。因为它没有指明是什么物质微粒，汉字“氢”可指氢分子(H_2)，也可指氢原子(H)。因此在表达方式上，用化学式或化学符号指明物质结构微粒是一种好方法。

4. 摩尔质量

物质都具有质量，1 摩尔物质微粒所具有的质量称为摩尔质量。摩尔质量的符号用 M_G 表示，单位为克·摩⁻¹（符号 $g \cdot mol^{-1}$ ）或千克·摩⁻¹（符号 $kg \cdot mol^{-1}$ ），摩是摩尔的简写。例如，1 摩尔水(H_2O)的摩尔质量是18.015克·摩⁻¹，记为 $M_{G(H_2O)} = 18.015(g \cdot mol^{-1})$ 。

同样应注意，摩尔质量是物质的质量单位，使用时也应指明物质的结构微粒。例如：

氢原子(H)的摩尔质量是1.008克·摩⁻¹（符号 $g \cdot mol^{-1}$ ）
或 $M_{G(H)} = 1.008(g \cdot mol^{-1})$ ；

氢分子(H_2)的摩尔质量是2.016克·摩⁻¹（符号 $g \cdot mol^{-1}$ ）
或 $M_{G(H_2)} = 2.016(g \cdot mol^{-1})$ ；

氢离子(H^+)的摩尔质量是1.007克·摩⁻¹（符号 $g \cdot mol^{-1}$ ）
或 $M_{G(H^+)} = 1.007(g \cdot mol^{-1})$ 。

显然，某原子的摩尔质量在数值上等于它的原子量，某

分子的摩尔质量在数值上等于它的分子量。

5. 摩尔数

用摩尔作单位所表示的物质的结构微粒数目称摩尔数，用符号 n 表示。

一种物质结构微粒的质量可从原子量表直接查得或通过简单计算而得，即某物质的摩尔质量 M_G 可从原子量表直接查到或通过简单计算而得。某确定体系物质的总质量 W 是可测的。因而物质的摩尔数 n 可用下式求得：

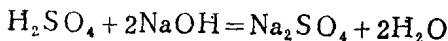
$$n = \frac{W}{M_G}$$

它的单位为摩[尔]①(mol)。

注意：摩尔(mol)、摩尔质量(M_G)、摩尔数(n)是三个不同的概念。例如：对水分子(H_2O)可用摩尔作单位来计量，1摩尔 H_2O 含有 6.022×10^{23} 个 H_2O 。水(H_2O)的摩尔质量 M_G 是18.015克每摩，它是 6.022×10^{23} 个水分子(H_2O)的质量。18.015克水(H_2O)含有水分子(H_2O)的摩尔数是1.000(摩尔)，90.075克水(H_2O)含有水分子的摩尔数是5.000(摩尔)。

6. 当量

在化学研究中，涉及的物质往往需有一个明确的结构微粒的概念。因此在对它们的数量、质量进行计算时，使用摩尔、摩尔质量、摩尔数是合适和方便的。以氢氧化钠和稀硫酸作用生成水和硫酸钠的下列反应为例，

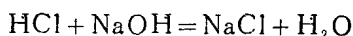


它们之间的关系是，1摩尔 H_2SO_4 和2摩尔 $NaOH$ 恰好完全反应，生成1摩尔 Na_2SO_4 和2摩尔 H_2O 。如果有5摩尔 H_2SO_4 ，

① 去掉方括号时为单位名称的简称，去掉方括号及其中的字即成为单位名称的简称。

则就能和10摩尔NaOH完全反应。

进一步考察这一简单的反应关系，还会发现：在上述反应中，1摩尔质量的 H_2SO_4 相当于2摩尔质量的NaOH的作用量，或者说98克 H_2SO_4 相当于80克NaOH的作用量。任何一个化学反应，二种或几种反应物之间都不仅有明确的数量关系，而且还有这个质量上的相当关系，例如HCl和NaOH反应：



反应中，36.5克HCl和40.0克NaOH相当。

为了利用化学反应中这一“相当”关系，就引入了“当量”的概念：把凡是在化学反应中能提供或接受1个质子(H^+)或相当1个质子的物质质量称为该物质的当量。所以

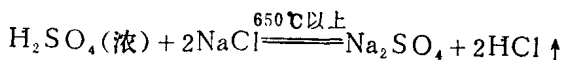
$$\text{酸的当量} = \frac{\text{酸的化学式量}}{\text{酸化学式在反应中提供的质子数}}$$

$$\text{碱的当量} = \frac{\text{碱的化学式量}}{\text{碱化学式在反应中接受的质子数}}$$

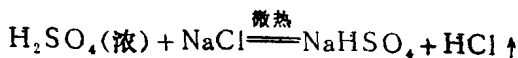
盐(或其它化合物)当量

$$= \frac{\text{盐(或其它化合物)的化学式量}}{\text{盐(或其它化合物)化学式中参加反应的正价(或负价)总数}}$$

因为当量是反应中彼此相当的质量，因此在使用当量时要注意反应。同一物质在不同的反应中，它的当量可能不同，例如



$$H_2SO_4 \text{ 的当量} = \frac{98}{2} = 49$$



$$\text{H}_2\text{SO}_4\text{的当量} = \frac{98}{1} = 98$$

7. 克当量

当量和化学式量一样，表征的是物质的质量，如果当量的值以克作单位，便是克当量。克当量这概念与摩尔质量相应，质量单位都是克。因而从摩尔质量可求得克当量：

$$\text{酸的克当量} = \frac{\text{酸的摩尔质量}}{\text{酸化学式在反应中提供的质子数}}$$

$$\text{碱的克当量} = \frac{\text{碱的摩尔质量}}{\text{碱化学式在反应中接受的质子数}}$$

$$\text{盐的克当量} = \frac{\text{盐(或其它化合物)的化学式量}}{\text{盐化学式中参加反应的正价(或负价)总数}}$$

克当量的符号可用 E 表示，上面三个式子可统一表示如下：

$$E = \frac{(\text{该物质的摩尔质量}) M_G}{(\text{化学式中参加反应的正价或负价总数}) \alpha}$$

因为参加反应的正或负化合价总数 $\alpha \geq 1$ ，所以 $E \leq M_G$ 。

8. 克当量数

某确定质量的物质所含的克当量的数目就是克当量数。它可以按下式计算：

$$\text{克当量数} = \frac{\text{该物质的质量 } W}{\text{该物质的克当量 } E}$$

克当量数与摩尔数相对应，由于 $E \leq M_G$ ，所以克当量数 $\geq$ 摩尔数（注意上述公式中 E 为分母）。

二、物质微粒的运动及其聚集状态

1. 聚集状态

每一种物质，随着外界条件的不同，微粒间作用情况亦不同，它们聚集时所呈现的存在形态也不同。这种物质微粒聚集时所呈现的存在形态被称为物质的聚集状态。

物质的常见的聚集状态有固态、液态、气态。每一种物质都可以有这三种不同的状态,但是对于不同的物质,这三种状态出现时的条件各不相同。例如,1个大气压下常温时水为液态,氧气为气态,铜为固态;当温度降至 0°C (即 273.15K)以下水可呈固态,降至 -183°C 以下氧气也可变液态,再降至 -218.4°C 以下氧气则可成固态;同样,当温度升至 100°C (即 373.15K)以上水也可呈气态,升至 1063.4°C 以上,铜也可呈液态,升至 2567°C 以上,铜则变为气态。

聚集状态是一个常用的化学术语。通过下表比较,可进一步加深关于聚集状态的一些概念。

聚集状态	组成粒子的间距和物理特性
气 态	粒子间作用力小,距离大,粒子运动自由,有压缩性,有扩散性。
液 态	粒子间作用力较大,距离小,粒子运动受牵制,有流动性,压缩性很小,有扩散性。
固 态	粒子间作用力大,距离小,粒子运动不自由,不易压缩,不易变形。

2. 相

物质微粒通过相互间的不同作用表现为不同的聚集状态,这主要是从粒子间的相互作用力、间距及一些物理特性方面来观察并进行分类的。对于物质微粒的聚集情况,还可以从另一个方面来进行考察分类,即一个体系中,物质微粒的分布是否均匀。在一个体系中,任何具有相同的物理性质和化学性质(物质微粒分布均匀)的部分称为相。相与相间往往有明显的界面隔开。

聚集状态和相都是描述一个体系中物质微粒的聚集或分布情况,因此必然有联系;然而是从不同方面来观察、分类

的，所以一定有区别，如图 1—1 所示。

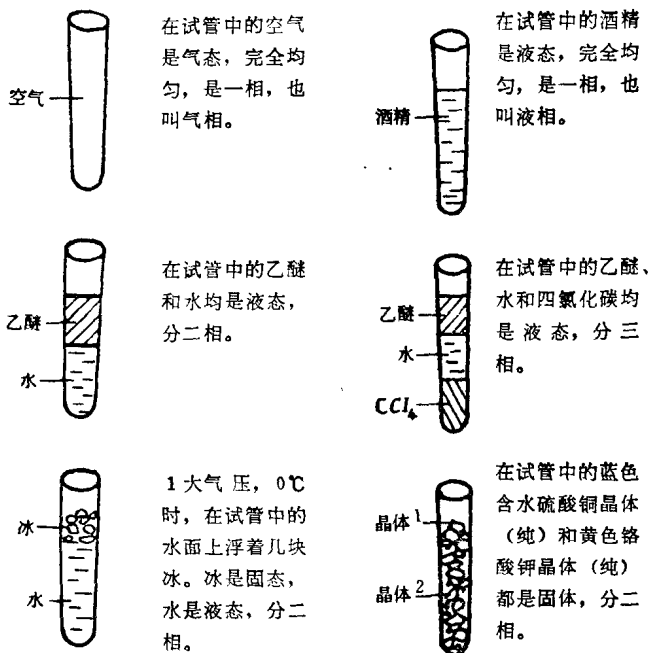


图 1—1 聚集状态和相的关系图解

§ 1—2 气体定律

气体是常见的一种物质聚集状态。日常生活中，人们对气体的行为都很熟悉。例如，若向自行车车胎中打气，增加气体的量，车胎（体积）就膨胀，车胎内压力增大。如果暑天在烈日下行驶自行车，打足了气的车胎便容易爆破。因为温度增加，能使气体压力或体积增加，而车胎，特别是陈旧车胎，体积增大是有限度的。这一个例子，能使我们想象到温度、压力、体积、气体量之间存在着一定关系，这个关系经过很多研究，被归纳为理想气体状态方程式，