

成人高等教育自学辅导丛书

普通化学 自学指导

胡 林 主编
刘 尧 赵廷富 编著

水利电力出版社

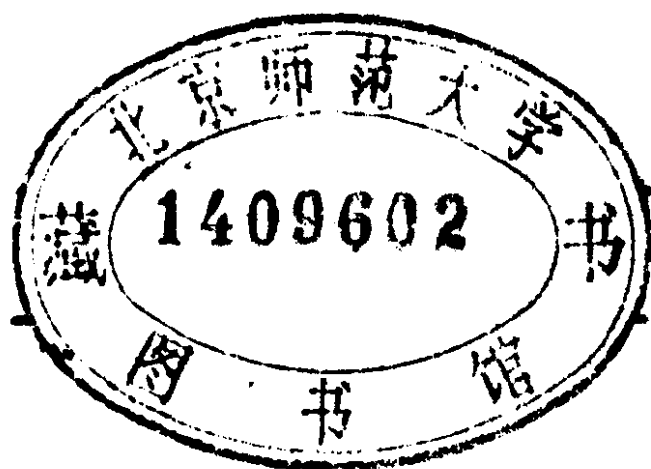
JY11142/20

成人高等教育自学辅导丛书

普通化学自学指导

胡林 主编

刘尧 赵廷富 编著



水利电力出版社

内 容 提 要

本书是“成人高等教育自学辅导丛书”之一，具有鲜明的自学、辅导、函授、电教多用的特色。书中讲述了普通化的基本概念、基本知识和基本理论，主要包括化学平衡、化学热力学基础、化学反应速度、氧化还原反应及电化学、物结构以及单质和化合物的组成、结构与性质等。

为了便于自学，书中章节适当划小，基本上是每章突出一个问题，章内分做引言、主要内容、内容提要、重点与难点分析、基本要求、疑难问题解答、计算题类型与例题分析、练习题与自我检查题等部分。书末附有练习题与自我检查题的部分答案。开头部分的“基础知识”一章，则可以缓和学员由于数理知识的欠缺而带来的困难。

本书既可供自学读者使用，亦可供电大、职大、函大和夜大等在校学员及辅导教师参阅。

成人高等教育自学辅导丛书

普通化学自学指导

胡林 主编

刘尧 赵廷富 编著

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

顺义振华印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 15.625印张 346千字 1插页

1986年4月第一版 1986年4月北京第一次印刷

印数00001—18550册 定价3.20元

书号 7143·6036

前 言

当前，在经济体制改革和新技术革命挑战的形势下，智力开发的重要性更加突出了。我们迫切需要有一支高水平的职工队伍，以加速实现技术现代化，管理现代化，提高经济效益。这就要求在普遍提高职工的政治、文化、技术、业务素质同时，尽快从现有职工中培养造就大批的专业技术干部和管理干部，形成一支在数量上能基本满足要求，质量上能掌握现代科学技术和经营管理知识，专业配套的职工队伍。可以说，大力加强职工教育，培养各类人才，是摆在我们面前的一项十分重要而又急迫的任务。

这套“成人高等教育自学辅导丛书”就是根据当前加强职工教育的形势和需要而专门组织编写的。

“丛书”以“面向实际，面向生产，为提高职工队伍素质，提高经济效益服务”作为编写指导思想；内容紧密结合成人高等教育理工类(或财经类)部分课程的教学大纲和电视大学及一些函授大学、职工大学、业余大学的教材；在布局、选材、体例和编写形式上尽量适应成人自学的特点。所以，非常适用于理工、财经类电视大学、职工大学、业余大学学员作为学习辅导书，或函授大学作为函授教材；对于广大自学读者，则是帮助他们通过自学高等考试的一种自学读本。

为了切合读者的实际需要，提高学习效果，“丛书”中的每一册都包括基本概念、重点和难点解释、典型例题分析、总结或提示以及思考与练习等几部分内容，并配有适量的作

业测验题(附答案)和电大试题选解。

这套丛书共包括十一门课程,十三册:

高等数学自学指导(上、下册)

线性规划自学指导

线性代数自学指导

概率论与数理统计自学指导

常微分方程自学指导

逻辑代数与BASIC语言自学指导

复变函数自学指导

微积分自学指导(财经类)

普通物理自学指导(上、下册)

普通化学自学指导

物理化学自学指导

本书是作者根据教学大纲要求,参考了国内外有关资料并在总结多年辅导电大、职大教学实践经验的基础上写成的。书中讲述了普通化学的基本概念、基本理论和基本知识,为了便于自学,本书章节适当划小,基本上是每章只讲一个方面的问题,并在开头部分增加了“基础知识”一章,以缓和学员由于数理知识的欠缺而给学习带来的困难。每章中均包括引言、主要内容、内容提要、重点与难点分析、基本要求、疑难问题解答、计算题类型与例题分析、练习题与自我检查题等部分。书末附有练习题与自我检查题的部分答案。书中文字叙述简单明瞭,通俗易懂。前八章由北京广播电视大学赵廷富同志编写,后六章由北京教育学院刘尧同志编写。全书承蒙北京工业学院曹庭礼教授及清华大学王致勇副教授审阅,并提出了宝贵意见。

参加这套书编写工作的都是有经验的高等学校教师或成

人教育工作者，其中有些同志还讲授过电视大学的有关课程或担任过电大辅导课主讲教师。“丛书”融汇了他们多年的教学经验和心得体会，更鲜明地具有电视教学及自学、辅导、函授多用的特色。

在编写过程中，我们得到各课程的有关教授和专家的关怀和指导，有些同志直接参予审阅、整理等工作，在此一并表示深切的谢意

组织编写这类面向成人读者，自学、辅导、电教、函授多用的大专读本还是第一次，欢迎读者对“丛书”的内容、布局、结构、形式等提出宝贵意见，以帮助我们改进工作，提高“丛书”质量。

胡 林

1985年 7 月

目 录

第 一 章	基础知识.....	1
第 二 章	化学反应速度.....	37
第 三 章	化学平衡.....	59
第 四 章	热化学与焓变.....	94
第 五 章	化学反应的方向、程度与熵变、自由 熵变.....	122
第 六 章	电离平衡.....	155
第 七 章	沉淀溶解平衡.....	183
第 八 章	氧化还原反应与电化学.....	208
第 九 章	原子结构和元素周期律.....	254
第 十 章	化学键与晶体结构.....	298
第十一章	配和物.....	341
第十二章	单 质.....	371
第十三章	无机化合物.....	393
第十四章	有机化合物.....	424
练习题和自我检查题参考答案.....		460
附录.....		478
附录一 本书采用的一些基本常数.....		478
附录二 热力学数据		479
附录三 酸和碱的离解常数(K_i)		484
附录四 溶度积常数(K_{sp})		485
附录五 标准电极电位(E°)		487

第一章 基础知识

学习普通化学，需要掌握一定的化学、物理和数学的基础知识。为此，编写了基础知识这一章。本章将主要介绍常用量的计量单位及单位换算，化学基本定律和常用的一些初等数学知识等。

主要内容

1. 普通化学中常用的计量单位和换算关系。
2. 化学基本定律：质量守恒定律，能量守恒定律，当量定律和气体定律。
3. 普通化学中常用的初等数学知识：数的表示法，指数与对数，一元一次方程和一元二次方程等。

内容提要

1.1 普通化学中常用量的计量单位与换算

在普通化学学习过程中常常要用到一些基本的物理量。例如：质量、长度、体积、压力、能量、功和热量等。对于这些常用的物理量，不但要知道它们所使用的单位，而且，还要掌握不同单位之间的相互换算。

一、常用量的计量单位（符号）与换算

1. 质量（ M 或 m ）：在化学中常用的质量单位包括千克（ kg ），克（ g ），毫克（ mg ）等。 $1 \text{ 千克} = 1 \times 10^3 \text{ 克} = 1 \times 10^6 \text{ 毫克}$ 。

2. 长度（ L 或 l ）：在化学中常用的长度单位的名称

与符号如下：②

名称：米，分米，厘米，毫米，微米

符号：m, dm, cm, mm, μm

名称：纳米，皮米，等。

符号：nm, pm, 等。

长度单位间的换算：1 米 = 1×10^1 分米，1 米 = 1×10^2 厘米。米、分米、厘米用于表示一般的长度。1 毫米 = 1×10^{-3} 米，1 微米 = 1×10^{-6} 米。微米常用来表示光的波长。1 纳米 = 1×10^{-9} 米，1 皮米 = 1×10^{-12} 米。皮米常用来表示波长、化学键长，原子或离子的半径等。

3. 时间(t)：常用的时间单位名称与符号为：时(h)，分(min)，秒(s)。

单位之间的换算：1.0 小时 = 60 分 = 3.6×10^3 秒。

4. 温度(T 或 t)

(1) 摄氏温标：它是以 101325 Pa 下水的冰点为 0°C ，水的沸点为 100°C 所标定的温标。摄氏温度的符号为 t 。一摄氏度等于水沸点摄氏温度的 $\frac{1}{100}$ ，单位叫做摄氏度，符号为 $^\circ\text{C}$ 。

(2) 热力学温标：1967 年，第十二届国际权度会议决议，选定热力学温标为基本温标。其定义为：一开尔文等于水三相点热力学温度的 $1/273.16$ ，水三相点的热力学温度定义为 273.16K 。由热力学温标定出的温度为热力学温度，曾叫做绝对温度。它的符号是 T ，单位是开尔文，简称开，符号为 K 。

一摄氏度和一开（热力学温度）的大小完全一致。二者的关系为：
$$\frac{T}{\text{K}} = \frac{t}{^\circ\text{C}} + 273.15.$$

② 纳米 (nm) 曾译毫微米 ($\text{m}\mu\text{m}$)；埃 ($\text{\AA}$) 不是我国的法定单位。

5. 体积(V): 体积单位是一个导出单位, 它以长度的立方为基础. 其量纲为 L^3 . 国际单位制的体积单位的名称与符号如下:

名称: 立方米, 立方分米, 立方厘米

符号: m^3 , dm^3 , cm^3

目前, 在化学中常用的体积单位是升(l)和毫升(ml).

体积单位之间的换算关系为:

$$1 m^3 = 1 \times 10^3 dm^3, 1 dm^3 = 1 \times 10^3 cm^3$$

$$1 \text{ 升} = 1 \text{ 立方分米} (1 l = 1 dm^3)$$

$$1 \text{ 毫升} = 1 \text{ 立方厘米} (1 ml = 1 cm^3)$$

$$1 \text{ 升} = 1 \times 10^3 \text{ 毫升}$$

6. 压力(P 或 p): 压力单位也是一个导出单位. 它的定义是单位面积上承受的力. 国际单位制的压力单位是牛/米² (N/m^2), 单位名称叫做帕斯卡, 简称帕, 符号为 Pa. 其定义为 1 牛顿的力作用在 1 m² 上所产生的压力. 而牛顿是力的单位. 1 牛顿的力是使质量为 1 千克的物体, 产生 1 米/秒² 加速度的力 ($N = kg \cdot m/s^2$) ①

7. 密度(ρ): 密度单位也是一个导出单位, 它的定义是单位体积的物质中所含的质量. 在化学中常用的密度单位是克/立方厘米 (g/cm^3). 因物质的密度随温度不同而有所改变, 所以, 物质的密度必须标明温度.

8. 能量(U)、功(W)和热量(Q 或 q): 能量、功和热量采用相同的计量单位. 它们也是导出单位. 国际单位制中其单位用焦耳. 1 牛顿的力, 作用的距离为 1 米时,

① 过去, 在化学中常用的单位是大气压, 符号为 atm. 毫米汞柱符号为 mmHg. 它们与 Pa 的关系为 $1 atm = 101325 Pa$, $1 atm = 760 mmHg = 101325 Pa$.

所做的功为一焦耳。这时所消耗的能量为1焦耳，或简称为焦，其符号为J。（ $1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m} = 1\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ ）。焦耳的一千倍为千焦，符号为kJ^①。

9. 物质的量：表示物质的量的单位是摩尔，符号为mol。摩尔表示一体系的物质的量，该体系所包含的基本单元数与0.012千克碳-12(^{12}C)中的原子数目相等。

根据实验测定，0.012千克碳-12(^{12}C)中含有 6.02×10^{23} （目前精确测定的数值是 6.022045×10^{23} ）个原子。这个数值叫做阿佛加德罗（*Avogadro*）常数，符号为 N_A 。

这里所说的基本单元，包括原子、分子、离子、电子或其它粒子，以及这些粒子的特定组合等。因此，使用摩尔时，必须指明是哪一种结构微粒。例如： 1molH_2 ，表示含有 N_A 个氢分子， 1molH^+ ，表示含有 N_A 个 H^+ ，等等。

10. 溶液浓度：一定量溶液或溶剂中所含溶质的量叫作溶液浓度。

（1）质量百分浓度：每100份质量的溶液里所含溶质的质量份数，叫作质量百分浓度，以符号%表示。

（2）质量百万分浓度：表示溶质质量占溶液质量的百万分之几。以符号PPm表示。

（3）质量十亿分浓度：表示溶质质量占溶液质量的十亿分之几。以符号PPb表示。

（4）摩尔浓度：以每升溶液中所含溶质的量（以mol为单位）来表示的溶液浓度叫作（体积）摩尔浓度。简称摩尔浓度，以符号M表示。

（5）质量摩尔浓度：以1000克溶剂中所含溶质的量（以

① 过去，能量、功和热量的单位也使用过卡（cal）或千卡（kcal） $1\text{cal} = 4.184\text{J}$

mol为单位)来表示的溶液浓度,叫作质量摩尔浓度.以符号m表示.

(6) 当量浓度:以每升溶液中所含的溶质的克当量数来表示的溶液浓度,叫作当量浓度.以符号 N 表示.

二、 国际单位制 (SI)

从上面的介绍中,我们能够看出一个物理量,常常可以用几种不同的单位来表示.例如:气体的压力可用大气压,毫米汞柱,帕斯卡等.这么多的单位,人们使用起来很不

表1 国际单位制的基本单位

	物 理 量	单 位 名 称	单 位 符 号
1	长 度	米	m
2	质 量	千克	kg
3	时 间	秒	s
4	电流强度	安培	A
5	热力学温度	开 尔 文	K
6	发光强度	坎 德 拉	cd
7	物质的量	摩尔	mol

表2 国际单位制的导出单位

物 理 量	单位名称	单 位 符 号
力	牛 顿	N (kg·m·s ⁻²)
能量、功、热量	焦 耳	J (N·m)
压 力	帕 斯 卡	Pa (N·m ⁻² ,kg·m ⁻¹ ·s ⁻²)
功 率	瓦	W (J·s ⁻¹)
电 荷	库 仑	C (A·s)
电 势	伏 特	V (W·A ⁻¹)
电 阻	欧 姆	Ω (V·A ⁻¹)

统一。1960年度量衡总会推荐采用以公制为基础的自身一致的一套单位。这就是国际单位制 (SI)，按照国际单位制，每种物理量，只有一种基本单位。

普通化学中常用的某些 SI 单位列表如上：

1. 国际单位制 (SI) 的基本单位：见表 1。
2. 国际单位制 (SI) 的导出单位：见表 2。

1.2 化学基本定律

一、质量守恒定律：参加反应的全部物质的质量，等于反应后全部产物的质量，叫作质量守恒定律。

二、定比定律：一种纯净的化合物，它的组分元素的质量都有一定的比，决不因获得方法不同而异。这就叫作定比定律。

三、倍比定律：两种元素（如 A 和 B）互相化合形成两种或两种以上的化合物时，在这些化合物中，与一定质量 A 元素相化合的 B 元素的质量，必互成简单的整数比。这个定律叫作倍比定律。

四、能量守恒定律：在物质的任何变化过程中，能量既不能创造，也不能消失，叫作能量守恒定律。

五、当量定律

1. 元素和物质的当量

$$(1) \quad \text{元素的当量} = \frac{\text{原子量}}{\text{化合价}}$$

(2) 酸、碱的当量

$$\text{酸的当量} = \frac{\text{酸的分子量}}{1 \text{ 个酸分子在反应中给出的 } \text{H}^+ \text{ 个数}}$$

$$\text{碱的当量} = \frac{\text{碱的分子量}}{1 \text{ 个碱分子在反应中给出的 } \text{OH}^- \text{ 个数}}$$

(3) 氧化剂、还原剂的当量

$$\text{氧化剂的当量} = \frac{\text{氧化剂的分子量}}{1 \text{ 个氧化剂分子在反应中得电子数}}$$

$$\text{还原剂的当量} = \frac{\text{还原剂的分子量}}{1 \text{ 个还原剂分子在反应中失电子数}}$$

2. 元素和物质的克当量

$$(1) \text{ 元素的克当量} = \frac{\text{元素的摩尔质量}}{\text{化合价}}$$

(2) 酸、碱的克当量

$$\text{酸的克当量} = \frac{\text{酸的摩尔质量}}{1 \text{ 个酸分子在反应中给出的 } H^+ \text{ 个数}}$$

碱的克当量

$$= \frac{\text{碱的摩尔质量}}{1 \text{ 个碱分子在反应中给出的 } OH^- \text{ 个数}}$$

(3) 氧化剂、还原剂的克当量

氧化剂的克当量

$$= \frac{\text{氧化剂的摩尔质量}}{1 \text{ 个氧化剂分子在反应中得电子数}}$$

还原剂的克当量

$$= \frac{\text{还原剂的摩尔质量}}{1 \text{ 个还原剂分子在反应中失电子数}}$$

3. 元素和物质的克当量数

$$(1) \text{ 元素的克当量数} = \frac{\text{元素的质量}}{\text{元素的克当量}}$$

$$(2) \text{ 物质的克当量数} = \frac{\text{物质的质量}}{\text{物质的克当量}}$$

4. 当量定律

(1) 当量定律：在任何化学反应中，当完全作用时，各反应物的克当量数一定相等；或者说，物质是按照等克当量数互相进行化学反应的。

(2) 当量定律的表示式

$$\frac{m_1}{E_1} = \frac{m_2}{E_2} \quad (1)$$

式中 m_1 和 m_2 为反应所消耗反应物的质量, E_1 和 E_2 为反应物的克当量。

$$N_1 V_1 = N_2 V_2 \quad (2)$$

式中 N_1 和 N_2 为反应物溶液的克当量浓度, V_1 和 V_2 为反应所消耗的反应物溶液的体积。

六、气体定律

1. 理想气体状态方程式

(1) 波义尔定律: 在一定温度下, 一定量的气体所占的体积与所受的压强成反比。数学表示式 (n, T 一定)

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{常数}$$

式中 n 为气体的量, T 为热力学温度, P 为气体的压力, V 为气体的体积。

(2) 查理定律: 在一定压力下, 一定量的气体所占的体积和其热力学温度成正比。数学表示式 (n, P 一定)

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{常数}$$

(3) 盖·吕萨克定律: 当一定量的气体所占的体积保持恒定时, 气体的压力与其热力学温度成正比。数学表示式 (n, V 一定) 为:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \text{常数}$$

(4) 亚佛加德罗定律: 在恒温和恒压条件下, 等体积的气体中含有相同数目的气体分子。因为1摩尔的任何物质都包含有 6.02×10^{23} 个分子 (或原子、离子等)。所以, 气体若含有相同数目的分子, 就表明气体物质的量也相同。由此

可得出一个重要结论：在恒温 and 恒压条件下，气体所占的体积与物质的量成正比。数学表示式（ T, P 一定）为：

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = \text{常数}$$

(5) 理想气体状态方程式

①理想气体状态方程式：由上面介绍的气体定律，不难得出下面的重要公式：

$$PV = nRT$$

这就是理想气体状态方程式，其中 R 叫作气体通用常数。

② 理想气体：就是指分子体积为零，分子之间没有吸引力，完全遵守上述状态方程式的气体。考虑到真实气体与理想气体的差别，真实气体只有在高温低压条件下，才能近似地符合理想气体状态方程式。

③ 几个重要关系式

根据 $PV = nRT$ ，当 $n = 1 \text{ mol}$ 时

$$\text{可得 } \frac{P_1 \bar{V}_1}{T_1} = \frac{P_2 \bar{V}_2}{T_2} = \dots = \frac{P_0 \bar{V}_0}{T_0} = R \text{ (气体常数)}$$

其中 $\bar{V}$ 代表 1 mol 气体所占的体积。

把 $n = \frac{m}{M_g}$ 代入 $PV = nRT$ ，

可得 $PV = \frac{m}{M_g} RT$ (m 代表气体的质量， M_g 代表气体的摩尔质量。)

把 $\rho = \frac{m}{V}$ 代入 $PV = \frac{m}{M_g} RT$ (ρ 代表气体的密度。)

$$\text{可得 } P = \frac{\rho}{M_g} RT$$

④ 气体常数 R 的数值与单位

由 $PV = nRT$

$$\text{可得 } R = \frac{PV}{nT}$$

经测定, 在标准状态下 ($P = 101.325 \text{ kPa}$, $T = 273.15 \text{ K}$) 一摩尔气体所占的体积为 22.414 升 。

已知 $P = 1.0133 \times 10^5 \text{ Pa}$, $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$, $1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3$, $1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ 。

把以上有关数据代入上式得

$$\begin{aligned} R &= \frac{PV}{nT} \\ &= \frac{1.0133 \times 10^5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} \times 22.414 \text{ dm}^3}{1 \text{ mol} \times 273.15 \text{ K}} \\ &= \frac{1.0133 \times 10^5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} \times 22.414 \text{ dm}^3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dm}^3}{1 \text{ mol} \times 273.15 \text{ K}} = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \text{ mol}^{-1}. \end{aligned}$$

2. 混合气体分压定律

(1) 气体混合物的总压力(P)等于混合物中各气体分压(p)的总和。

数学表示式 $P = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$

(其中 P 代表混合气体总压力, p_1 代表气体 1 的分压, p_2 代表气体 2 的分压, p_3 代表气体 3 的分压...)。

(2) 气体的分压(p): 混合气体中某一组分气体的分压力, 是指该组分气体单独存在, 并与混合气体具有相同温度相同体积时所产生的压力。

理想气体状态方程式不仅适用于纯净的气体, 也适用于混合气体中任一组分气体。假设混合气体中只有两种组分气体 A 和 B 。由于组分气体的温度、体积与混合气体相同, 所以, 组分气体 A 和 B 的分压 p_A 和 p_B 可由下式求出: