

高等工业学校函授教材
(高等教育自学通用)

《普通化学》

自学指导书

浙江大学普通化学教研组 编



高等教育出版社

本书原由人民教育出版社出版。1983年3月9日,上级同意恢复“高等教育出版社”。本书今后改用高等教育出版社名义继续印行。

高等工业学校函授教材
(高等教育自学通用)
《普通化学》自学指导书
浙江大学普通化学教研组 编

高等教育出版社出版
新华书店上海发行所发行
崇明大同红卫印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 5.875 字数 135,000
1981年12月第1版 1986年2月第6次印刷
印数 171,001—211,000

书号 13010·0677 定价 1.05 元

编写和使用说明

本书是为了帮助高等学校工科函授学生及自学青年在学习浙江大学编写的《普通化学》(1981年修订本)教材过程中,便于理解、掌握教材中的主要内容而编写的。编写时参考了1980年5月工科化学教材编审委员会审订的《普通化学》(80学时)教学大纲。本书也可供一般高等工业学校《普通化学》(80学时)课程教学参考。

本书按教材的章次,每章分成四部分。第一部分为目的要求,提出了对各章自学的基本要求。第二部分为学习提要,是按教材的顺序分节分段编写的。根据各章的目的要求对一些基本概念和必须掌握的定义、公式和内容等作了扼要的叙述,对一些应该注意的地方也特别予以指出,以弥补面授讲课少的缺点,便于学生自学和复习。第三部分为补充说明,主要考虑学生自学中可能出现的某些疑难问题和容易产生混淆的概念以及运算中易发生的错误,作了一些说明,或对某些内容作了综合性的概述。第四部分为习题与自学检查题,根据函授普通化学教学的要求,推荐《普通化学》教材中的62个习题供学生练习,其余习题可按各人情况自行选择。自学检查题是检查学生对各章的一些重要概念、化学反应、化学计算等方面掌握的程度,相当于各章的测验题。

考虑到目前函授大学的具体情况,对于《普通化学》教材中的小字部分,在本书各章目的要求和学习提要中一般未予提及,可暂不作要求。本书各章学习提要和补充说明中有*号的内容目前可

作为参考材料,供学习有余力的学生选读,以扩大知识或加深对某些内容的理解。

学生在自学时可先看本书中每章的目的要求。然后按章节顺序阅读教材,对照本书的学习提要部分进行仔细阅读。阅读时要联系实例,理解基本概念、理论要点、重要规律、运算原则及应注意的地方。再阅读每章的补充说明部分以加深对一些问题的理解。在自学的基础上通过做各章中所指定的习题,培养提高分析、解决问题和运算的能力。最后在进一步复习的基础上做自学检查题(除查阅必要的数据外,要能做到不看书本解题)。

关于函授普通化学课程自学时数和作业题数的安排,参考了一些高等工业学校提供的本科普通化学函授教学大纲(讨论稿)的要求,建议如下:

各章自学时数及习题数分配的建议

各 章 内 容	自学时数	习题数
绪言	0.5	
第一章物质的聚集状态与溶液	5	8
第二章化学反应速度与化学平衡	10	10
第三章电解质溶液	7	8
第四章氧化还原与电化学	8	8
第五章原子结构与周期系	8	6
第六章化学键与晶体结构	8	6
第七章单质与无机化合物	8	6
第八章络合物	4	4
第九章有机化合物	8	6
合 计	66.5	62

实验内容及学时分配的建议

实 验 内 容	实 验 时 数
1. 化学反应速度与化学平衡	2
2. 电解质溶液	2
3. 氧化还原与电化学	2
4. 单质与化合物(一)	2
5. 化合物(二)	2
合 计	10

本书经东北工学院江玉和、张式和，北京钢铁学院章梅芳、华南工学院何干云、欧庆能，重庆建筑工程学院胡玉荣等同志审阅，并提出详细的修改意见，在此一并致谢。

参加本书编写工作的系教材原编写者，有李博达(编写第八章)、陈克(编写第五、六章)、李明馨(编写第二、七章)、刘湘兰(编写第一、九章)、陈时淇(编写第三章)、张瑜(编写第四章)等同志。

由于编写者水平有限，书中缺点、错误及不妥之处希读者批评指正！

浙江大学普通化学教研组

1981年10月

目 录

编写和使用说明	1
第一章 物质的聚集状态与溶液	1
I. 目的要求	1
II. 学习提要	1
§ 1-1 物质的聚集状态	1
§ 1-2 气体定律	2
§ 1-3 稀溶液的通性	7
III. 补充说明	13
IV. 习题与自学检查题	14
第二章 化学反应速度与化学平衡	16
I. 目的要求	16
II. 学习提要	17
§ 2-1 化学反应速度	17
§ 2-2 化学平衡	21
§ 2-3 焓、熵和自由焓	26
III. 补充说明	34
IV. 习题与自学检查题	39
第三章 电解质溶液	42
I. 目的要求	42
II. 学习提要	42
§ 3-1 电解质的电离	42
§ 3-2 同离子效应和缓冲溶液	45
§ 3-3 盐类的水解	47
§ 3-4 酸碱的质子理论	49
§ 3-6 多相离子平衡	50
III. 补充说明	55

IV. 习题与自学检查题	55
第四章 氧化还原与电化学	62
I. 目的要求	62
II. 学习提要	62
§ 4-1 氧化还原反应	62
§ 4-2 原电池和电极电位	66
§ 4-3 电解	73
§ 4-4 金属腐蚀及其防止	77
* § 4-5 化学电源	80
III. 补充说明	81
IV. 习题与自学检查题	82
第五章 原子结构与周期系	84
I. 目的要求	84
II. 学习提要	84
§ 5-1 氢原子结构	84
§ 5-2 多电子原子结构和周期系	90
§ 5-3 元素性质的周期性递变和原子结构的关系	96
III. 补充说明	98
IV. 习题与自学检查题	101
第六章 化学键与晶体结构	103
I. 目的要求	103
II. 学习提要	103
§ 6-1 化学键	103
§ 6-2 分子间力和氢键	109
§ 6-3 晶体的内部结构	112
III. 补充说明	115
IV. 习题与自学检查题	121
第七章 单质与无机化合物	123
I. 目的要求	123
II. 学习提要	123

§ 7-1 单质的物理性质和晶体结构	123
§ 7-2 单质的化学性质	125
§ 7-3 无机化合物的物理性质和晶体结构	127
§ 7-4. 无机化合物的化学性质	129
III. 补充说明	135
IV. 习题与自学检查题	139
第八章 络合物	142
I. 目的要求	142
II. 学习提要	142
§ 8-1 络合物的概念	142
§ 8-2 络合物的化学键和空间构型	145
§ 8-3 络合物在溶液中的状况	147
§ 8-4 络合物的应用	151
III. 补充说明	152
IV. 习题与自学检查题	155
第九章 有机化合物	157
I. 目的要求	157
II. 学习提要	157
§ 9-1 有机化合物的分类、命名和结构	157
§ 9-2 有机化合物的重要反应	163
§ 9-3 高分子化合物的合成	169
§ 9-4 高分子化合物各论	170
§ 9-5 高分子化合物的结构和性能	173
III. 补充说明	175
IV. 习题与自学检查题	177

第一章 物质的聚集状态与溶液

I. 目的要求

物质常见的聚集状态有气态、液态和固状；在气体中常遇到的是气体混和物，液体中则是液态溶液。化学是一门研究物质的组成、结构、性质、变化和变化过程中能量关系的科学，所以学习化学时要先明确与物质聚集状态有关的一些重要概念、通性或规律。需要明确与聚集状态有关的另一重要概念是相，因为在讨论化学变化和化学平衡时往往要涉及相变化和相平衡的概念。

本章学习的具体要求是：

- 一、了解物质的几种主要的聚集状态与物理性质的关系。
- 二、掌握气体状态方程式和分压定律的应用和计算。
- 三、联系相平衡的观点了解浓度与稀溶液蒸气压下降、沸点上升、凝固点下降和渗透压的关系；并通过计算加深对稀溶液定律的理解。

II 学习提要

§ 1-1 物质的聚集状态

一、体系与相

体系——为研究需要，和周围的物质(环境)隔离开来的被研究对象。

相——体系中任何具有相同的物理和化学性质的部分。相与相之间有界面隔开。

体系 { 单相体系(均匀体系)——只包含一个相的体系,例如气体混和物或溶液等。
 多相体系(不均匀体系)——包含两相或多于两相的体系,例如固体混和物。

二、物质的聚集状态

表一 不同聚集状态与物理特性

聚集状态	组成粒子的间距	组成粒子的排列	物理特性
气态	大	无规则	压缩性、扩散性、各向同性
液态	↑	较无规则	扩散性、各向同性
固态 {	晶态	有规则	各向异性
	非晶态	较无规则	各向同性

§ 1-2 气体定律

一、气体状态方程式

1. 气体状态方程式的表达式 从物理学中知道,在压力不变时,一定量气体的体积 V 和绝对温度^① T 成正比,即 $V \propto T$ 。又在温度不变时,一定量气体的体积 V 和压力 P 成反比,即 $V \propto \frac{1}{P}$ 。

综上所述, $V \propto \frac{T}{P}$, 设 c 为比例常数, 则 $V = c \frac{T}{P}$,

即 $PV = cT$ 或 $\frac{PV}{T} = c$

c 是常数。若采用 1 摩尔的气体, c 便是一个固定的值, 若以摩尔气体常数 R 表示, 则得

$$PV = RT$$

① 按 1981 年公布的《中华人民共和国计量单位名称和符号方案(试行)》附表规定应为热力学温度。

对于 n 摩尔的气体来说, 则得

$$PV = nRT \quad \text{或} \quad PV = \frac{W}{M_g} RT$$

P ——压力(单位为大气压、帕或毫米汞柱)

V ——体积(单位为升或立方米)

T ——绝对温度(单位为开)

n ——摩尔数

w ——质量(单位为克)

M_g ——摩尔质量(单位为克·摩⁻¹)

R ——摩尔气体常数

将标准情况的有关数据代入气体状态方程式, 可求出摩尔气体常数, 其数值随压力和体积的单位不同而改变。

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1(\text{atm}) \times 22.414(\text{l})}{1(\text{mol}) \times 273.15(\text{K})}$$

$$= 0.08206(\text{l} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1})$$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1.0133 \times 10^5(\text{Pa}) \times 22.414 \times 10^{-3}(\text{m}^3)}{1(\text{mol}) \times 273.15(\text{K})}$$

$$= 8.315(\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ 或 } \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1})$$

表二 气体状态方程式中有关单位及其换算

量	单位名称	单位符号	单位换算
压力(压强)	大气压	atm	1 大气压 = 1.0133×10^5 帕
	帕[斯卡]	Pa	1 大气压 = 760 毫米汞柱
	毫米汞柱	mmHg	
体 积	升	l	1 米 ³ = 10 ³ 升
	立方米	m ³	
绝对温度(T)	开[尔文]	K	$T = 273.15 + t$ (t 表示摄氏温度)
能 量	焦 耳	J	$\text{Pa} \cdot \text{m}^3 = \text{J}$

2. 气体状态方程式的应用 气体状态方程式适用于温度偏高而压力偏低的情况(见本章 III 补充说明)。

例一 已知在 750 毫米汞柱, 27°C 时, 0.60 克的某气体占 0.50 升, 试求此气体的分子量。

解: 从气体状态方程式可得

$$M_g = \frac{WRT}{PV}$$

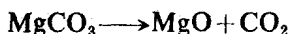
此处 R 的单位应选用 $l \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$, 有关数据的单位必须与其一致, 方可代入公式计算。

$$M_g = \frac{0.60 \times 0.08206 \times (273 + 27)}{\frac{750}{760} \times 0.50} = 30(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$$

例二 加热 1.00 公斤的 MgCO_3 使其完全分解, 问在 550°C、1.00 大气压下能产生 CO_2 气体若干升?

解: 1.00 公斤的 MgCO_3 的摩尔数为

$$\frac{1000(\text{g})}{84.3(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})} = 11.9(\text{mol})$$



因为 1 摩尔的 MgCO_3 可分解生成 1 摩尔的 CO_2 , 所以此例中生成的 CO_2 亦为 11.9 摩尔。将有关数据代入气体状态方程式, 求出 CO_2 气体的体积。

$$PV = nRT \quad V = \frac{nRT}{P}$$

$$V = \frac{11.9 \times 0.08206 \times (273 + 350)}{1.00} = 608(\text{l})$$

二、分压定律

1. 分压定律及其计算

分压力——气体混合物中每一种气体的压力, 等于该气体单

独占有与混和气体相同体积时所产生的压力。

道尔顿分压定律——气体混和物的总压力等于混和物中各组分气体分压的总和。

分压定律表达式： $P_{\text{总}} = p_A + p_B + \dots$

证明：设某气体混和物中只含有 A、B 两种气体，根据气体状态方程式

$$p_A = \frac{n_A RT}{V} \dots \dots \quad (1)$$

$$p_B = \frac{n_B RT}{V} \dots \dots \quad (2)$$

因为 $n_{\text{总}} = n_A + n_B$

所以 $P_{\text{总}} = \frac{n_{\text{总}} RT}{V} \dots \dots \quad (3)$

$$\begin{aligned} P_{\text{总}} &= \frac{n_A + n_B}{V} RT = \frac{n_A}{V} RT + \frac{n_B}{V} RT \\ &= p_A + p_B \end{aligned}$$

摩尔分数——某组分气体的摩尔数与混和气体的总摩尔数之比（如 $\frac{n_{\text{分}}}{n_{\text{总}}}$ ）

分压的计算：混和气体中某组分气体的分压，等于总压力乘该组分气体的摩尔分数。

$$p_{\text{分}} = P_{\text{总}} \times \frac{n_{\text{分}}}{n_{\text{总}}}$$

证明：以(3)式分别除(1)及(2)式，在同温度同体积的条件下

$$\frac{p_A}{P_{\text{总}}} = \frac{n_A}{n_{\text{总}}} \quad \frac{p_B}{P_{\text{总}}} = \frac{n_B}{n_{\text{总}}}$$

即

$$\frac{p_{\text{分}}}{P_{\text{总}}} = \frac{n_{\text{分}}}{n_{\text{总}}}$$

实验的方法：可以通过对混和气体进行气体分析所测出的体

积分数 $\left(\frac{V_{分}}{V_{总}}\right)$ 来计算该组分的分压。这是因为根据亚佛加德 罗定 律,在同温同压下,气体的体积与摩尔数成正比。所以按气体分析 法测得的体积分数等于摩尔分数。

$$\frac{V_{分}}{V_{总}} = \frac{n_{分}}{n_{总}}$$

从而可按分压定律计算组分气体的分压。

2. 分压定律的应用——可用来计算混和气体中组分气体的 分压、摩尔数或在给定条件下的体积。

例三 有一混和气体(N_2 , CO_2 , O_2 ,)其总压力为 5.0 大气压, 体积为 10 升, 温度为 $27^\circ C$, 此气体组成为: N_2 20%, CO_2 30%, O_2 50%(体积百分比)。试计算此混和气体中各组分的分压和摩 尔数。

解: 体积分数 $\times 100\% =$ 体积百分比。

已知 $p_{分} = P_{总} \times$ 摩尔分数

按气体分析法得到的体积分数即等于摩尔分数, 就可计算出 各组分的分压。

$$p_{N_2} = 5.0 \times 0.20 = 1.0(\text{atm})$$

$$p_{CO_2} = 5.0 \times 0.30 = 1.5(\text{atm})$$

$$p_{O_2} = 5.0 \times 0.50 = 2.5(\text{atm})$$

已知 $n_{分} = \frac{p_{分}V}{RT}$

由此又可计算出各组分的摩尔数。

$$n_{N_2} = \frac{1.0 \times 10}{0.082 \times 300} = 0.41(\text{mol})$$

$$n_{CO_2} = \frac{1.5 \times 10}{0.082 \times 300} = 0.61(\text{mol})$$

$$n_{O_2} = \frac{2.5 \times 10}{0.082 \times 300} = 1.02(\text{mol})$$

例四 在实验室中用排水集气法收集了 245 毫升氧气，温度为 25°C，大气压力为 758 毫米汞柱，收集气体时瓶内水面和瓶外水面相齐，试求：

- (1) 瓶内 O₂ 的分压。
- (2) 1 大气压和 0°C 时干燥 O₂ 的体积。

解：用排水集气法收集的气体中含有水蒸气。

气体分压 (p_g) = 混和气体总压 (P_g) - 水蒸气分压 (p_{H_2O})

25°C 的 p_{H_2O} 可从教材表 1-1 查得 (取 24°C 和 26°C 蒸气压的平均值)。

- (1) 25°C 时的 $p_{H_2O} = 23.8$ (mmHg)

$$p_{O_2} = P_g - p_{H_2O} = 758 - 23.8 = 734 \text{ (mmHg)}$$

瓶内 O₂ 的分压为 734 毫米汞柱。

- (2) 已知 $PV = nRT$ ，当 n 一定时，

$$\frac{PV}{T} = nR = K \text{ (常数)}$$

因此
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

根据此式可算出在 1 大气压和 0°C 即 760 毫米汞柱和 273K 时 O₂ 的体积。

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1} = \frac{734 \times 245 \times 273}{760 \times 298} = 217 \text{ (ml)}$$

§ 1-3 稀溶液的通性

一、溶液的摩尔浓度

1. 摩尔分数浓度 (x) =
$$\frac{\text{溶质的摩尔数}}{\text{溶质的摩尔数} + \text{溶剂的摩尔数}}$$

2. 重量摩尔浓度 (m) =
$$\frac{\text{溶质的摩尔数}}{1000 \text{ 克溶剂}}$$

$$3. \text{ 体积摩尔浓度 } (M) = \frac{\text{溶质的摩尔数}}{1000 \text{ 毫升溶液}}$$

以上摩尔分数浓度与重量摩尔浓度属于重量浓度单位，体积摩尔浓度属于体积浓度单位。这两类浓度单位之间若要进行换算，必须已知溶液的密度。

例五 浓盐酸含 HCl 37.0% (重量)，密度为 1.19 克·毫升⁻¹。计算浓盐酸的(1)体积摩尔浓度；(2)重量摩尔浓度；(3)当量浓度；(4) HCl 和 H₂O 的摩尔分数。

解： 1 升浓盐酸重 = $1.19 \times 1000 = 1.19 \times 10^3$ 克
1 升浓盐酸中所含 HCl 重量为

$$0.370 \times 1.19 \times 10^3 = 440(\text{g})$$

(1) HCl 的克分子量 = 36.5(g)

1 升浓盐酸中所含 HCl 的摩尔数为

$$\frac{440}{36.5} = 12.1(M)$$

(2) 100 克 37.0% HCl 中含有 37.0 克 HCl 和 63.0 克 H₂O。

设 1000 克水中所含 HCl 之重为 x 克，则

$$1000 : x = 63 : 37$$

$$x = 587(\text{g})$$

浓盐酸的重量摩尔浓度为

$$\frac{587}{36.5} = 16.1(m)$$

(3) 1 摩尔 HCl 等于 1 克当量 HCl，所以浓盐酸的当量浓度为 12.1(N)。

(4) 63.0 克 H₂O 的摩尔数为

$$\frac{63.0}{18.0} = 3.50(\text{mol})$$

37.0 克 HCl 的摩尔数为

$$\frac{37.0}{36.5} = 1.01 (\text{mol})$$

浓盐酸中 HCl 的摩尔分数为

$$\frac{1.01}{1.01 + 3.50} = 0.224$$

二、稀溶液的通性

1. 溶液的蒸气压下降

(1) 蒸气压的含义

蒸气压(饱和蒸气压)——在一定温度下, 液体和它的蒸气压处于平衡(即凝结的速度和蒸发的速度相等)时, 蒸气所具有的压力。

(2) 溶液的蒸气压下降

溶液的蒸气压下降(Δp) = 纯溶剂的蒸气压(p_1°) - 溶液的蒸气压(p_1)。

溶液的蒸气压下降与溶液的浓度有关, 其定量关系叫做拉乌尔定律。此定律有两种说法, 第二种说法为第一种说法的延伸。

拉乌尔定律的一种说法——在一定温度下, 难挥发非电解质稀溶液的蒸气压(p_1)与溶剂的摩尔分数(x_1)成正比, 比例常数为纯溶剂的蒸气压(p_1°)。

表达式:
$$p_1 = p_1^\circ x_1$$

拉乌尔定律的另一种说法——在一定温度下, 难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降和溶质的摩尔分数成正比。

表达式:
$$\Delta p = p_1^\circ x_2$$

推导: 因为 $p_1 = p_1^\circ x_1$, $\Delta p = p_1^\circ - p_1$

所以
$$\Delta p = p_1^\circ - p_1^\circ x_1 = p_1^\circ (1 - x_1)$$

又因
$$x_1 + x_2 = 1 \quad x_2 = (1 - x_1)$$