

普通化学 练习与辅导

翟仁通 等编

山西高校联合出版社

普通化学练习与辅导

翟仁通 等编

山西高校联合出版社

(晋)新登字8号

普通化学练习与辅导

翟仁通 等编

*

山西高校联合出版社出版发行(太原南内环街31号)

太原机械学院印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 14.9375 323千字

1991年12月第1版 1991年12月第1次印刷

印数: 1—7200册

ISBN 7-81032-112-9

O·9 定价: 5.50元

内 容 简 介

本书是将高等农林院校普通化学课程的主要内容归纳为 11 个专题，每个专题均以练习题方式表述对基本概念的理解和基本原理的应用。同时指明解题的思路及计算技巧。

书中内容包括物质的状态、反应速率、化学平衡、化学热力学、离子平衡、氧化与还原、原子结构、分子结构和描述化学。共拟出例题 216 个，练习题 303 个。

此书可作为生物类大学的普通化学课教学辅助用书，也可供农林院校研究生应试时复习使用。

前 言

为了配合普通化学课程的教学，我们编写了这本参考书。其目的是使学生对化学的基本原理进一步认识和掌握。我们认为普通化学是由若干基本概念组成的，教学的任务是帮助学生搭起一个骨架。而要对基本概念理解和运用，只有去做一定数量的练习题，舍此别无更为有效的方法。本书力图能够适应不同版本的教材和不同的教学学时。也可以作为农林类研究生应试的复习资料。

普通化学所包含的内容十分广泛。我们仅精选了那些最基本的东西。全书分为11个专题。每一个专题对其基本原理和处理问题的门径均作出了系统而简要的叙述。尤其是明确原理的使用条件和划清易于混淆的概念。

书中列举了216个例题，它表述了处理问题时所引用的原则、作出的假设、演算步骤和结果的意义。使读者学会解决问题应当如何入手以及为何如此入手。尽管解决某一问题时有多多种多样的方法，但我们只取其中的一种。因为书中的例题隐含着一套基本的推理方式和解题技巧。当将全书通读完毕即会体会到这一点。

每个专题的例题和练习题也是经过选择而列出的，它常常是内容的补充和扩展。通过做习题可以增加许多有关的基本化学知识。

在解决问题时常需用数字来表示结果。这就涉及公式的运用，单位的换算，数字的合理选取和数字的熟练计算等等。我们期望通过计算题的练习，能够巩固化学基本概念和

提高计算能力。书中练习题有303个，其中带*号的供不同要求者选用。

本书所用单位均按国家计量局1984年颁布的法定计量单位制，同时参考了1990年IUPAC公布的SI单位和基本常数。多数的实验数据取自Weast R. C. 《Handbook of Chemistry and Physics》63-rd Ed (1982-83)。

参加编写的人员为：内蒙古农牧学院宋彪、常彦景（第一专题中1.1—1.5，第六专题），北京林业大学赵弘颖（第二、三专题），山西农业大学宋仰弟（第一专题1.6—1.10），山西农业大学谢育才（第四专题），天津农学院何兰英（第五专题），内蒙古林学院张志平、张建忠（第七专题），河北农业技术师范学院班景昭（第八专题），山西农业大学潘世蕊（第九专题），内蒙哲里木畜牧学院李静敏（第十专题），山西农业大学翟仁通（第十一专题）。全书最后由翟仁通统一定稿。

由于编写时间仓促，许多问题未能仔细推敲，错误之处恳请指正。

编者于太谷

1991.6.

目 录

一、物质的存在状态	1
1.1 理想气体定律	1
1.2 Dalton 分压定律	7
*1.3 Graham 气体扩散定律	10
*1.4 分子的运动速度	11
1.5 相转变和相平衡	12
1.6 溶液的质量浓度	14
1.7 非挥发性溶质的溶液蒸气压	16
1.8 溶液的凝固点和沸点	18
1.9 溶液的渗透压	21
*1.10 电解质溶液的依数性	23
练习题	25
二、化学反应速率	31
2.1 化学反应速率	31
2.2 速率方程、速率常数和反应级数	34
2.3 活化能和反应速率的温度效应	38
2.4 催化作用	44
练习题	45
三、化学平衡	53
3.1 化学平衡定律	53
3.2 压力对平衡的影响	58

3.3 转化率问题	65
3.4 温度对平衡的影响	68
练习题	70
四、化学热力学	77
4.1 内能和焓	77
4.2 熵和熵变	86
4.3 Gibbs自由能	94
练习题	101
五、离子平衡 I —酸碱平衡	109
5.1 水的离子积	109
5.2 一元弱电解质的电离	112
5.3 多元酸的电离	119
5.4 缓冲溶液	122
5.5 盐类的水解	131
练习题	135
六、离子平衡 II —沉淀与溶解平衡	140
6.1 溶度积与溶解度	140
6.2 沉淀的生成与控制	144
6.3 分级沉淀	148
6.4 沉淀的溶解	149
练习题	152
七、离子平衡 III —络合平衡	159
7.1 一些定义	159
7.2 络合物的生成平衡	164

7.3	稳定常数的应用	166
7.4	络合与酸碱平衡	171
7.5	络合与沉淀平衡	174
7.6	络合物的氧化还原性	181
7.7	Brønsted酸碱理论和Lewis酸碱理论	182
	练习题	185
八、氧化与还原		192
8.1	氧化还原反应	192
8.2	Galvani电池与电动势	196
8.3	单电极电势	200
8.4	标准电极电势的应用	203
8.5	Nernst 方程	207
*8.6	电势图	213
	练习题	216
九、原子结构		223
9.1	原子的结构和同位素	223
9.2	氢原子光谱和 Bohr 理论	224
9.3	有关量子力学的概念	226
9.4	多电子原子	230
9.5	电子的组态和元素周期系	234
9.6	原子的性质	236
	练习题	240
十、分子结构		245
10.1	离子键和离子的特征	245

10.2	共价键	246
10.3	分子几何	252
*10.4	分子轨道理论	257
10.5	分子间力	259
10.6	金属键和固体结构	260
10.7	络合物的化学键理论	261
	练习题	264
十一、	描述化学概述	270
11.1	氢化物、氧化物和氢氧化物的酸碱性	270
*11.2	含氧酸及其酸根的结构	273
11.3	含氧酸盐的热分解	275
11.4	金属离子的水解	277
11.5	氧化态和氧化还原性	280
11.6	第2周期元素的特殊性	284
11.7	过渡元素的特性	288
	练习题	289
附 录		293
I	基本常数	293
II	换算因数	294
III	热力学常数 (298K)	295
IV	弱酸和弱碱的电离常数 (298K)	304
V	溶度积常数 (298K)	306
VI	络合物稳定常数 (298K)	308
VII	标准电极电势 (v) (298K)	310

VII 元素的第一电离能、电子亲合能和电负性.....	314
IX 元素周期表.....	316
X 练习题解答.....	317
后 记	

一 物质的存在状态

物质的存在状态是指大量的（至少 10^{23} 个）分子、原子或离子，在一定条件下聚集时所呈现的宏观状态。一般认为，物质的存在状态主要有气态、液态和固态。而将处于气态、液态和固态的物质分别称为气体、液体和固体。

1.1 理想气体定律

1. 理想气体方程

大量的实验表明，对于一定量气体的体积 V 与压力 P 和Kelvin温度 T 之间存在下列关系。

$$\frac{PV}{T} = k \quad (\text{常数})$$

此关系式叫作联合气体定律。因为它是由 Boyle 定律和 Charles 定律综合得来的。

〔例1.1〕 2.50g CO_2 在 303.9 kPa 和 16 °C 时占有体积为 0.450 dm³，求在 STP 下的摩尔体积。

〔解〕 STP 即标准状态，它是 0 °C，101.3 kPa。按联合气体定律可有

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

$$\begin{aligned} \text{则} \quad V_2 &= (0.450 \text{ dm}^3) \left(\frac{303.9 \text{ kPa}}{101.3 \text{ kPa}} \right) \left(\frac{273 \text{ K}}{(273 + 16) \text{ K}} \right) \\ &= 1.275 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

再由 2.50g CO_2 气体的量

$$n = \frac{2.50\text{g}}{44\text{g mol}^{-1}} = 0.05682\text{mol}$$

$$\therefore \text{摩尔体积 } V = \frac{1.275\text{dm}^3}{0.05682\text{mol}} = 22.44\text{dm}^3\text{mol}^{-1}$$

现在的问题是 k 等于什么？由Avogadro定律可知，在标准状态下（STP）1mol的任何气体所占的体积全是22.42 dm³。代入联合气体定律求此 k 值，并且取一个特定符号 R 。若为 n mol气体时， $k = nR$ 。 R 叫作理想气体常数。如此得到理想气体方程

$$PV = nRT$$

用此方程作计算时要注意它们所取的单位。 T —Kelvinⁿ温度也叫绝对温度， $T = 273.2 + t^\circ\text{C}$ 。 P —Pa (Pa = N·m⁻²)，但在化学上仍有时用 atm和mmHg作为压力单位。所以要学会它们之间的换算。

$$1\text{atm} = 760.0\text{torr (mmHg)} = 101325\text{Pa}$$

$$1\text{mmHg} = 133.322\text{Pa}$$

$$V\text{—m}^3\text{或dm}^3, 1\text{m}^3 = 1000\text{dm}^3。$$

由此可以得到，

$$R = 0.08206\text{atm dm}^3\text{K}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

$$= 8.3143\text{J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

$$= 8.3143\text{kPa dm}^3\text{K}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

这种复合单位中，要把正指数的单位写在前面，负指数的单位写在后面。并分别按它们第一个字的英文字母顺序排列。

对于 R 的数值和单位必须记住。

〔例1.2〕 2.00g CO在 20℃，6250Pa 时所占体积为多少？

$$\text{〔解〕} \quad n = \frac{2.00\text{g}}{28.0\text{g mol}^{-1}} = 0.0714\text{mol}$$

代入理想气体方程,

$$V = \frac{(0.0714 \text{ mol}) (8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}) (293 \text{ K})}{6250 \text{ Nm}^{-2}}$$

$$\therefore 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$$

$$\therefore V = 0.0278 \text{ m}^3 = 27.8 \text{ dm}^3$$

如果 R 值取 $0.08206 \text{ atm dm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 时如何计算? 千万不要得出 V 的单位为 $\text{atm dm}^5 \text{ N}^{-1}$ 。所以要知道 PV 是功的概念, 它与能量单位的换算关系为

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm dm}^3 &= 101.325 \text{ Pa m}^3 \\ &= 101.325 \text{ Nm} \\ &= 101.325 \text{ J} \end{aligned}$$

在此应该知道什么是理想气体? 我们说, 凡是服从理想气体方程的气体即称为理想气体。理论上所假设的理想气体是认为组成气体的分子本身体积当作零计, 而且分子之间没有任何的相互作用力。实际气体中, 除了接近于气体液化时的高压和低温以外, 全能很好地符合这个定律。

2. 理想气体方程的应用

在实际应用中, 理想气体方程的变换形式很多, 但无须记住它们, 需要时根据理想气体方程进行推演即可。

(1) 求气体密度

〔例1.3〕求 NH_3 在 67°C , 800 mmHg 时的密度。

〔解〕由密度定义

$$\rho = \frac{mg}{V_{\text{dm}^3}} = \frac{nMg}{V_{\text{dm}^3}}$$

M 是分子量, 代入理想气体方程,

$$\frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$$

$$\begin{aligned}\therefore \rho &= \frac{PM}{RT} \\ &= \frac{(800\text{mmHg}) (0.1333\text{kPa/mmHg}) (17\text{g mol}^{-1})}{(8.314\text{kPa dm}^3\text{K}^{-1}\text{mol}^{-1}) (340\text{K})} \\ &= 0.641\text{g dm}^{-3}\end{aligned}$$

(2) 求气体分子量

〔例1.4〕 某气体 0.0866g 装在 60.0cm³ 的玻璃瓶中，20℃ 时测量得到压力为 400mmHg。求此气体的分子量。

$$[\text{解}] \quad \because \quad n = \frac{m}{M}$$

$$\therefore \quad PV = \frac{mRT}{M}$$

$$\begin{aligned}M &= \frac{mRT}{PV} \\ &= \frac{(0.0866\text{g}) (8.314\text{kPa dm}^3\text{K}^{-1}\text{mol}^{-1}) (293\text{K})}{(400\text{mmHg}) (0.1333\text{kPa/mmHg}) (0.060\text{dm}^3)} \\ &= 66\text{g mol}^{-1}\end{aligned}$$

此气体分子量是 66。

如果已知此气体的实验式为 (CH₂F)_x 可求出实验式的式量为 33.0，由 $x = \frac{66}{33} = 2$ ，即得到此气体分子式是 C₂H₄F₂。

(3) 混合气体的物质的量

〔例1.5〕 空气中含有 78% N₂、21% O₂ 和 1% Ar (体积百分数计)。求空气的表观分子量。

〔解〕 当温度和压力一定时，混合气体的某一组分 *i* 所占的体积为 *V_i*，它与该气体的量 *n* 成正比。即

$$V_i = n_i \left(\frac{RT}{P} \right)$$

由于物质的量有加和性，

$$n = n_1 + n_2 + \cdots + n_i$$

则混合气体总体积 V 与总的物质的量 n 成正比。

$$V = (n_1 + n_2 + \cdots + n_i) \left(\frac{RT}{P} \right)$$

$$\therefore \frac{V_i}{V} = \frac{n_i}{n_1 + n_2 + \cdots + n_i} = \frac{n_i}{n}$$

n_i/n 即为摩尔分数。可见在一定温度和压力下混合气体的体积分数等于摩尔分数。

假设空气总的量是100mol时,

$$\text{N}_2 \quad (78\text{mol}) (28.0\text{g mol}^{-1}) = 2184\text{g}$$

$$\text{O}_2 \quad (21\text{mol}) (32.0\text{g mol}^{-1}) = 672\text{g}$$

$$\text{Ar} \quad (1\text{mol}) (40.0\text{g mol}^{-1}) = 40\text{g}$$

$$\text{总质量} \quad \quad \quad = 2896\text{g}$$

$$\therefore \text{平均分子量} = \frac{2896\text{g}}{100\text{mol}} = 29.0\text{g mol}^{-1}$$

此即空气的表观分子量。

〔例1.6〕 将某气体在 86.660 kPa 的压力下充满一球形容器。若从其中取出一定量气体, 此气体在 101.325 kPa 压力下量出体积为 1.52 cm³。同时球形容器中的压力降低为 79.993 kPa。以上的测量工作均是同一温度下进行的, 试计算球形容器的容积。

〔解〕 在此也是利用物质的量的加和性, 即从容器中取出气体的量 n_1 与剩余气体的量 n_2 之和等于开始时气体总的量 n_0 。

$$n = n_1 + n_2$$

在一定温度和体积时, 由理想气体方程可有

$$\frac{PV}{RT} = \frac{P_1 V_1}{RT} + \frac{P_2 V}{RT}$$

$$\therefore PV = P_1 V_1 + P_2 V$$

代入所测量得的数据，

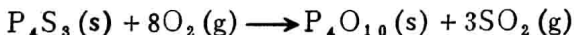
$$\begin{aligned} & (101.325\text{kPa})(1.52\text{cm}^3) + (79.993\text{kPa})V \\ &= (86.660\text{kPa})V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{(101.325\text{kPa})(1.52\text{cm}^3)}{86.660\text{kPa} - 79.993\text{kPa}} \\ &= 23.1\text{cm}^3 \end{aligned}$$

(4) 化学计量的计算

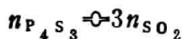
〔例1.7〕 摩擦火柴时， $\text{P}_4\text{S}_3(\text{s})$ 燃烧生成白烟： $\text{P}_4\text{O}_{10}(\text{s})$ 和 $\text{SO}_2(\text{g})$ 。20℃，772mmHg下由0.157g P_4S_3 会生成多少体积的 SO_2 ？

〔解〕 由计量方程式，



$$n_{\text{P}_4\text{S}_3} = \frac{0.157\text{g}}{220\text{g mol}^{-1}} = 7.14 \times 10^{-4}\text{mol}$$

按



$$\therefore n_{\text{SO}_2} = 2.14 \times 10^{-3}\text{mol}$$

代入理想气体方程，

$$\begin{aligned} & (772\text{mmHg})(0.1333\text{kPa/mmHg})V \\ &= (2.14 \times 10^{-3}\text{mol})(8.314\text{kJ mol}^{-1}\text{K}^{-1})(293.2\text{K}) \end{aligned}$$

即求出 $V = 0.0507\text{dm}^3 = 50.7\text{cm}^3$

(5) 求分子个数

〔例1.8〕 25℃时，电视机的显象管中真空度为 $3.0 \times 10^{-9}\text{mmHg}$ 。若体积为 2.0dm^3 ，求其中气体的分子个数。

〔解〕 由理想气体方程求出气体的量 n 。

$$n = \frac{PV}{RT}$$