

成人高等教育基础学科练习丛书

无机化学纲要与练习

(原理部分)

赵思忠 编



佳木斯市教育学院学报编辑部

说 明

《成人高等教育基础学科练习丛书》综合目前全国各类成人高等教育（电大、党校、教育学院、职工工业大、高函等）所用教材，从成人进行大专文化学习的特点出发，以选编思考练习题为主，配有参考答案，辅以精要讲析；既是成人进行大专课程学习的帮手，又是自学的钥匙。

本《丛书》在编写过程中借鉴和选用了若干同志的成果，在此一并致谢！在文科编写的一些原则问题上，得到了吕叔湘先生和朱绍禹先生的热情关怀和精心指导，在此一并致谢！

本《丛书》做为内部资料交流使用。在编写过程中，由于知识和技术水平限制，不当之处在所难免，欢迎使用本书的同志多加指正。

《丛书》编写委员会

1985年2月20日

目 录

第一章 化学基本概念与气体定律

基本要求	(1)
内容提要	(1)
例 题	(11)
思 考 题	(16)
习 题	(19)
自我测验题	(23)

第二章 溶液与胶体

基本要求	(25)
内容提要	(26)
例 题	(37)
思 考 题	(47)
习 题	(49)
自我测验题	(53)

第三章 化学热力学基础

基本要求	(55)
内容提要	(56)
例 题	(64)
思 考 题	(70)

习 题	(73)
自我测验题	(78)

第四章 化学反应速度与化学平衡

基本要求	(81)
内容提要	(81)
例 题	(95)
思 考 题	(110)
习 题	(114)
自我测验题	(122)

第五章 电解质溶液与电离平衡

基本要求	(125)
内容提要	(126)
例 题	(145)
思 考 题	(158)
习 题	(161)
自我测验题	(165)

第六章 原子结构与周期律

基本要求	(169)
内容提要	(169)
例 题	(179)
思 考 题	(187)
习 题	(189)
自我测验题	(196)

第七章 化学键与分子结构

基本要求	(199)
内容提要	(200)
例 题	(213)
思 考 题	(221)
习 题	(223)
自我测验题	(229)

第八章 氧化还原反应 电化学基础

基本要求	(232)
内容提要	(233)
例 题	(242)
思 考 题	(252)
习 题	(254)
自我测验题	(262)

第一章 化学基本概念和气体定律

基 本 要 求

1、掌握原子、分子，元素、核素、同位素，原子量、原子质量、平均原子质量，分子量、式量等基本概念，了解相似概念间的区别，并能准确应用这些基本概念。掌握有关原子量和分子量的计算。

2、了解国际单位制的基本内容，掌握“物质的量”及其单位——摩尔的定义，并能熟练应用及进行有关计算。

3、掌握气体状态方程式和分压定律的应用及有关的计算。

内 容 提 要

化学基本概念和定律是人们在认识许多化学现象、化学事实等感性认识的基础上，归纳、概括而得到的理性认识。在化学工业、科学实验和化学教学中经常要运用化学基本概念和定律来讨论问题，进行某些化学计算。因此有必要对化学基本概念、定律深入地进行讨论，深刻了解每一概念的涵义，并掌握相似概念之间的联系和区别。

一、分子 原子 基本粒子

1、分子

在保持物质化学性质的前提下，物质分割的极限，称为分子。分子是保持物质化学性质的最小微粒。

正确理解分子的概念应注意以下两点：

①分子只保持物质的化学性质，而不保持物质的物理性质。

②分子是构成物质的最小微粒，是以“保持物质化学性质”为前提的，离开这个前提分子就不再是构成物质的最小微粒了。因为分子还能再分成更小的微粒——原子，而原子已不再具有原物质的化学性质了。

2、原子

分子还可以分割为原子。在化学变化中原子只发生新的组合，而原子本身并没有变成其它的原子。因此，原子是物质进行化学反应的基本微粒。

分子和原子都是构成物质的微粒，它们都在不停地运动着。但这两种构成物质的微粒有着本质的差别：

①分子能独立存在，它保持原物质的化学性质，在化学反应中一种分子能变成另外一种或几种分子。

②原子则一般不能独立存在，不一定保持原物质的化学性质，在化学反应中一种原子不会变成另外的原子。

分子和原子是构成物质的不同层次。

3、基本粒子

原子也不是构成物质的最小微粒，科学研究发现它是由电子、质子、中子等更小的微粒组成的。随着科学技术的发展已发现三百多种比原子更小的微粒，通称为“基本粒子”。

基本粒子之间存在着较复杂的相互作用，它们在一定条

件下可以互相转化。“基本粒子”都是物质分割的无限阶梯中的各个不同层次。所以“基本粒子”并不“基本”。物质是无限可分的，人类对物质世界的认识也是无限的。

二、元素 核素 同位素

1、元素

同种的原子叫元素。元素是原子核中质子数相同的一类原子的总称，是以核电荷数为标准对原子进行分类的，因此原子的核电荷数是决定元素性质的关键。

由同种元素构成的物质称单质。由不同种元素构成的物质称化合物。

注意：

①不要把元素、单质、原子三个概念彼此混淆。元素和单质是宏观概念，单质是元素存在的一种形式（游离态），某些元素可以形成几种单质。

②元素只能存在于具体的物质（单质或化合物）中，脱离具体的物质，抽象的元素是不存在的。

③原子是微观的概念，而元素是一定种类的原子的总称。在讨论物质构造时，原子这个概念又有量的涵义。如氧原子可以论个数，也可以论质量。但元素没有这样的涵义，它指的是同一种类的原子。

2、核素

具有一定数目的质子和一定数目的中子的一种原子称为核素。如原子核中有6个质子和6个中子的碳原子，它们的质子数是12，称碳-12核素，或写作 ^{12}C 核素。原子核中有6个质子和7个中子的碳原子质量数为13，称 ^{13}C 核素等

等。

具有多种核素的元素称多核素元素。天然存在的钠元素只有质子数为11、中子数为12的一种钠原子称为单一核素元素。

3、同位素

质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子互称同位素，也就是说多核素元素中的不同核素互称同位素。同种元素的不同核素质子数相同，在周期表中占同一位置，这就是同位素的原意。

同量素：如 ${}^{36}_{16}\text{S}$ 和 ${}^{36}_{18}\text{Ar}$ 、 ${}^{65}_{29}\text{Cu}$ 和 ${}^{65}_{30}\text{Zn}$ 等，它们的质子数不同，分属不同元素的几种原子，但质量数却相同，这样的元素互称同量素。同量素的存在，也说明了以核电荷数作为划分元素的标准是符合客观规律的，抓住了事物的本质。

三、原子量和分子量

1、原子量

原子量是元素的相对原子质量的简称。根据国际规定的最新定义，一种元素的原子量是“该元素1摩尔质量对核素 ${}^{12}_{6}\text{C}$ 1摩尔质量1/12的比值”。原子量用符号 $A_r(E)$ 表示，A代表原子，r表示相对，E代表元素。如氯元素的原子量等于35.453，可表示为 $A_r(\text{Cl}) = 35.453$ 。需注意：国际原子量是一种没有量纲的（即无单位的）数量，也就是说原子量是一种相对比值。

2、原子质量

某核素一个原子的质量称为该核素的原子质量，简称原

子质量。国际计量局规定，一个 ^{12}C 核素原子质量的 $1/12$ 为统一的 1 原子质量单位，用“u”表示。u 的值为

$$(1.66043 + 0.00008) \times 10^{-27} \text{ kg}.$$

如 $^{17}_1\text{C1M}$ (原子质量) = 34.96885 u , $^{17}_1\text{C1M}$

$$= 36.96590 \text{ u}, \quad ^{12}\text{CM} = 12 \text{ u}.$$

注意：原子量与原子质量在概念上的区别

①原子量是某元素原子与标准原子相比的相对原子质量，而原子质量是某一核素的原子质量。

②原子量无单位，是相对比值，而原子质量是有单位的，有绝对值。

③从数值上看，一种元素只有一个原子量；除单一核素元素外，同种元素各核素原子质量不同。

④原子量与核素的丰度有关，而原子质量与核素的丰度无关。

3、分子式与分子量

用元素符号来表示物质的分子组成的式子叫分子式。分子量是组成该分子各原子的原子量的总和。例如，二氧化碳分子根据实验测定是由 1 个碳原子和 2 个氧原子组成的，分子式为 CO_2 ，其分子量是：

$$12 + 2 \times 16 = 44.$$

4、化学式与式量

某些物质并不是由分子聚集而成，而是由原子或离子构成的，如食盐、金刚石、金属铁等。它们是不能有单个分子存在的一类物质，因而就不能用分子式表示，而只能用化学式表示。化学式就是用一定化学符号或其组合来表示物质的

元素组成和化合物的各种元素原子（或离子）数目的相对比数。如 NaCl 表示它是 Na^+ 与 Cl^- 的化合物，其化合比是1:1，它叫作最简式。习惯上最简式就叫作化学式以区别于分子式。这个化学式所代表的质量称式量。如可把 NaCl 代表的质量58.5称为 NaCl 的式量。

可见，化学式和分子式并不等同，当一个化学式能正确地反映出一种分子的组成，它所代表的质量又可以通过实验加以测定时，那么，这个化学式就叫作分子式。

四、摩尔 摩尔质量

1、摩尔

第14届国际计量大会于1971年制定一个新的国际单位，即物质的数量单位叫作摩尔。定义是：摩尔是一个物系中所含物质的数量，如果该系统中所含的基本原体的数目与0.012千克碳-12（即 ^{12}C ）的原子数相等时，该数量就叫作1摩尔。这里所说的原体是指在一个物系中我们计数的一个基本个体。0.012千克 ^{12}C 就是12克 ^{12}C 。根据以往实验工作的确定，已知12克 ^{12}C 中含有 6.022×10^{23} 个 ^{12}C 原子，这个数目叫阿佛加德罗常数，因此摩尔的定义又可表述为：如果一个物系中所含物质的基本原体的数目为 6.022×10^{23} 个时，那么这个数量叫作1个摩尔。摩尔的缩写符号是 mol 。在使用摩尔时，基本原体应当予以指明，可以是分子、原子、离子、电子及其它粒子，或是这些粒子的特定组合体。

2、摩尔质量

1摩尔物质的质量称摩尔质量，用符号 M 表示，单位常用 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ （克/摩尔）表示。

因为1摩尔不同元素含有相同的原子数，所以1摩尔不同元素的质量之比等于它们的原子量之比。由此可得出结论：任何元素原子的摩尔质量单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 时，数值上等于其原子量。同理，可以推广到分子、离子等微粒。如水的分子量等于18.0152，所以18.0152克水和12克 ^{12}C 含相同基本原体数。18.0152克水是1摩尔水，水的摩尔质量= $18.0152 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。又如氢氧根式量等于17.0073，所以17.0073克 OH^- 和12克 ^{12}C 含有相同基本原体数，17.003克 OH^- 即1摩尔 OH^- 离子， OH^- 离子的摩尔质量 $M = 17.0073 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

注意：原子、分子、离子的摩尔质量过去旧术语称克分子、克原子、克离子等，现这些术语已废弃。

五、气体定律

1、气体状态方程式

设 n 表示气体摩尔数， T 表示绝对温度， P 表示压力， V 表示体积， M 表示分子量， K 表示比例系数， W 表示重量， d 表示气体密度。

(1) 波义耳定律

由实验知，当 n 、 T 恒定时

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{则}$$

$$V = K \frac{1}{P} \quad \text{即} \quad PV = K$$

$$\therefore \text{有} \quad P_1 V_1 = P_2 V_2$$

此式即为波义耳定律的数学表示式。

(2) 查理定律

由实验知, 当 n 、 P 恒定时

$V \propto T$ 则

$$\frac{V}{T} = K$$

$$\therefore \text{有 } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

此式即为查理定律的数学表示式。

(3) 盖·吕萨克定律

由实验知, 当 n 、 V 恒定时

$P \propto T$ 则

$$P = K T$$

$$\therefore \text{有 } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

此式即为盖·吕萨克定律的数学表示式。

(4) 阿佛加德罗定律

由实验知, 当 T 、 P 恒定时

$$V \propto n \quad \text{即} \quad \frac{V}{n} = K$$

或当 T 、 P 、 V 相同时, 有 $n_A = n_B$ 。

(5) 气体定律

公式的推出:

由波氏定律 $V \propto \frac{1}{P}$, 查氏定律 $V \propto T$, 阿氏定律 $V \propto n$,

将上述关系联立有

$$V \propto n \frac{T}{P}$$

$$\therefore \text{有} \quad V = R \frac{nT}{P} \quad (R\text{—比例常数})$$

$$\text{则} \quad PV = nRT$$

这就是著名的气体状态方程式。

$$\text{又由} \quad V \propto \frac{T}{P}$$

$$\text{则} \quad \frac{PV}{T} = K$$

$$\therefore \text{有} \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

这是气态方程的另一表达形式。

$$\because n = \frac{W}{M} \quad d = \frac{M}{V}$$

由气态方程可求算：

$$M = \frac{WRT}{PV} \quad (\text{气体的分子量})$$

$$d = \frac{PM}{RT} \quad (\text{气体的密度})$$

凡表示P、V、T关系的方程式均叫状态方程式。气体状态方程式是包含四个变量的式子，是自然科学中很少见、很有用、很重要的方程式之一。

通用气体常数（普适恒量）——R

$$\textcircled{1} \quad R = \frac{P^\circ V^\circ}{T^\circ} = \frac{1 \text{ atm} \times 22.4 \text{ dm}^3 / \text{mol}}{273 \text{ K}}$$

$$= 0.08207 \text{ atm} \cdot \text{l} / \text{mol} \cdot \text{K}$$

$$= 82.07 \text{ atm} \cdot \text{cm}^3 / \text{mol} \cdot \text{K}$$

$$\begin{aligned}\textcircled{2} \quad R &= \frac{P^\circ V^\circ}{T^\circ} = \frac{760 \text{ mmHg} \times 22.4 \text{ dm}^3 / \text{mol}}{273 \text{ K}} \\ &= 62.4 \text{ mmHg} \cdot \text{dm}^3 / \text{mol} \cdot \text{K} \\ &= 62400 \text{ mmHg} \cdot \text{cm}^3 / \text{mol} \cdot \text{K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\textcircled{3} \quad R &= \frac{101.3 \text{ kPa} \times 22.4 \text{ dm}^3 / \text{mol}}{273 \text{ K}} \\ &= 8.314 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^3 / \text{mol} \cdot \text{K} \\ &= 8.314 \text{ J} / \text{mol} \cdot \text{K}\end{aligned}$$

$$\textcircled{4} \quad R = \frac{8.314}{4.184} = 1.987 \text{ cal} / \text{mol} \cdot \text{K}$$

符号说明:

atm—大气压

mol—摩尔

dm³—立方分米、升

cm³—立方厘米、毫升

mmHg—毫米汞柱

K—绝对温标开尔文

Pa—帕 (卡斯)

1 atm = 1.0133 × 10⁵ Pa

kPa—千帕

J—焦耳

cal—卡, 热量单位, kcal—千卡

关于“理想气体”

严格讲, 气态方程只适用于“理想气体”, 所谓理想气体是指: 化学和物理学中, 设定一种假想气体, 它完全遵守气体方程, 这种气体叫理想气体。则说, 这种气体的性质表现为“理想”性质。其实, 所谓“理想气体”者, 就是分子间力和分子实际占有的体积完全被忽略的气体。

实际气体状态方程——范德华方程

将分子间引力因素和分子实际具有的体积因素考虑在内, 需对“理想气体”方程式予以修正。分子间引力相当于

增大了压力，分子本身体积需从气体体积 V 中减掉，故引入两个校正项：分子间引力校正项 $-a/V^2$ ，和分子体积校正项 $-b$ 。则实际气体状态方程—范德华方程为：

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT \quad (1 \text{ mol})$$

$$\text{或} \quad \left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \quad (n \text{ mol})$$

式中， a 、 b 称范德华常数，可从有关的化学手册查到。

2、分压定律与扩散定律

(1) 道尔顿分压定律

由实验知，当 T 、 V 恒定时，

$$P_{\text{总}} = P_A + P_B + P_C + \dots$$

$$\text{或} \quad P_A = P_{\text{总}} \cdot \frac{n_A}{n_{\text{总}}} = P_{\text{总}} \cdot X_A$$

此即气体分压定律的数学表示式。

(2) 扩散定律

由实验知，当 T 、 P 恒定时

$$u \propto \sqrt{\frac{1}{d}}$$

$$\text{则有} \quad \frac{u_A}{u_B} = \sqrt{\frac{d_B}{d_A}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

即当 T 、 P 不变时，气体的扩散速度(u)与气体密度(d)或气体分子量的平方根成反比。

式中 u —气体扩散速度， d —密度

例 题

1、在自然界中 ^{12}C 的原子质量是 $12u$ ，丰度为

98.892%； $^{13}_6\text{C}$ 的原子质量是13.0033u，丰度为1.108%，求碳的平均原子质量和它的原子量。

$$\begin{aligned}\text{解：碳的平均原子量} &= 12 \times 98.892\% + 13.0033 \\ &\quad \times 1.108\% = 12.011\text{u}\end{aligned}$$

碳的原子量在数值上等于它的平均原子质量，只是没有单位，即12.011。

2、(1) 求50克硫原子的“物质的量”。

(2) 求1.7摩尔的 H_2SO_4 中有几摩尔氧原子？

(3) 这些氧原子的质量是多少？

解：(1) 已知 $A_r(\text{S}) = 32.06$

$$\therefore \text{硫原子的摩尔质量} = 32.06 \text{克/摩}$$

则50克硫原子的“物质的量”为

$$n = \frac{50}{32.06} = 1.56 \text{ (摩)}$$

(2) $\because$ 每个硫酸分子中有4个氧原子

$$\therefore 1.7 \text{ 摩尔硫酸中有 } 1.7 \times 4 = 6.8 \text{ 摩尔氧原子}$$

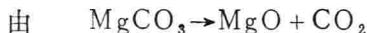
(3) 又 $\because$ 氧原子的摩尔质量 = 16克/摩

$$\therefore \text{氧原子质量} = 6.8 \times 16 = 108.8 \text{ 克}$$

3、加热1.00公斤的 MgCO_3 使其完全分解，问在350℃，1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

$$n = \frac{1000}{84.3} = 11.9 \text{ (摩)}$$



气态方程 $pV = nRT$

$$\therefore V = \frac{nRT}{P} = \frac{11.9 \times 0.08206 \times (273 + 350)}{1.00} = 608 \text{ (升)}$$