

化学计算 速解法

赵正奇 编译

科学出版社

化学计算速解法

赵正奇 编译

科学出版社

1984

内 容 简 介

本书是根据日本三上豊男所著《化学计算速解》编译的,书中所讲述的是以摩尔为核心的崭新的计算方法,尤其是开创了一种以原子价法的独特解法,特点是迅速准确。书中包括中学化学所涉及的全部计算,按系统进行归纳分类,增编了解说部分,井然有序,便于记忆,可供中学生、自学青年以及中学教师阅读参考。

化学计算速解法

赵正奇 编译

责任编辑 林娜

科学出版社出版

北京朝阳门内大街67号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年10月第一版 开本:787×1092 1/32

1984年10月第一次印刷 印张:13

印数:0001—37,000 字数:296,000

统一书号:13031·2707

本社书号:3725·13—4

定价: 1.60 元

前 言

本书是根据日本东京三省堂 1978 年出版的《化学计算速解》一书编译的。原作者三上豊男是日本东京延冈西高校教师,他经过长期的教学实践和不懈的探索研究,终于发现了化学计算的内在规律,开创了以摩尔为核心的崭新的计算方法,曾风靡日本,被誉为“西高解法”。

就化学计算而言,国内的书籍都是以化学单元为中心编写的,计算问题多是分散在有关章节,因而难以系统理解,常常成为学习中的难点,而本书却顺利地解决了这一问题,根据问题解法的内在规律编辑成章,特别是开创了一种称做原子价法的独特解法,这样对于一些复杂多绪的问题即可迎刃而解了。

本书基本上是按原书编译的,保持了原书的特点,只删去了个别不适合我国国情的部分。为便于国内读者理解,根据问题的情况,增编了解说部分,殷切希望通过本书能有助于探索化学计算速解法的要领。

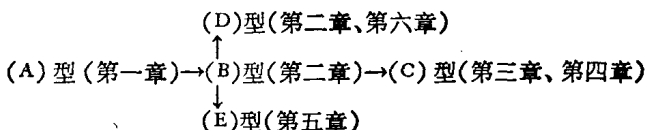
在本书的编译过程中得到了科学出版社的大力支持和协助,并提出了许多宝贵意见,在此一并表示谢意。

由于水平有限,编译此书是首次尝试,书中难免有不当之处,敬请专家和读者不吝指正。

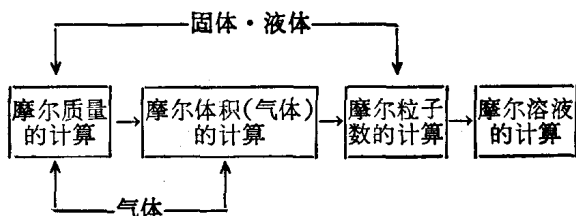
编译者 1984年2月

本书的结构

本书的结构是根据化学计算本身的规律分为(A)型、(B)型、(C)型、(D)型和(E)型,它们在书中的分布为



总的看来,几乎所有的化学计算都是求两种状态下摩尔数之比。其中的内在关系,一般表现为



假设两种状态下的摩尔数为 n 、 n' , 比值为 $m:m'$ 时, 则 $n:n' = m:m'$ 。

在此情况下, 根据 $m:m'$ 取值的不同, 可分为下列三种类型:

$$n:n' = 1:1 \quad (1)$$

$$n:n' = m:m' \quad (m, m' \text{ 为简单的整数}) \quad (2)$$

$$n:n' = m:m' \quad (m, m' \text{ 为任意数}) \quad (3)$$

书中(A)型题的计算,是不包含摩尔数的计算,所以也就不存在解法的统一公式,可以说是最难计算的问题了。这时列比例式的方法也就成了关键的课题。

书中(B)型题的计算是(1)式的转化,其中 $n = n'$ 。这就是(B)型题计算的通式。

书中(C)型题的计算是(2)式的变形,因为 $n \times m' = n' \times m$ (m, m' 为简单的整数)所以 $n \times m = n' \times m'$ (m, m' 为简单的整数)。

这里 $n \times m$ 所表示的化学量,从定义上看意味着有关反应物质的“克当量数”, $n' \times m'$ 意味着有关生成物的“克当量数”。因而, $n \times m = n' \times m'$ 就是C型题计算的通式。

书中(D)型就是(3)式所表达的情况,在形式上和(2)式一样,不过其中的 m 值在实际运算时是代表分压、反应热、温度等,因此不能给 $n \times m$ 附加任何化学上的定义。因此 $n:n' = m:m'$ 可变成

$$m \times \frac{n'}{n} = m'$$

的形式,这就是(D)型题计算的通式。

书中(E)型是从以上化学计算引申的新领域,就是书中标有(II)的部分。当可逆反应



在平衡时,则下列关系式成立

$$\frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} = K \text{ (平衡常数)}$$

这就是(E)型题计算的通式。

本书的使用方法

1. 本书的编写目的、方针和同类书相比较是不同的,着眼点是使读者能尽快地掌握问题解法的关键,迅速建立正确的算式。因此要求读者迅速理解前一题的运算和后一题的运算为什么有这样或那样的差别。从而,能正确地列出所求问题的算式。

2. 在阅读问题之前,要善于发现与前题的不同点,并予以极大的注意,集中考虑在这部分应建立怎样的算式,使建立起来的一次方程和要求的答案内容相一致。同时,还应当尽可能的去努力使建立的方程和本书的表现法相一致。

3. 当阅读到第三章和第四章时,由于对本书的使用方法已基本掌握,解答又可以不必写出反应式就能直接写出算式,因而在短时间内就能解答出较多的和较难的问题。但是,如果感到还没有完全掌握运算规律,解题还没有十分把握,应该再选择五个或十个题进行独立运算,以求得心应手。

4. 应该指出的是,本书的第一章是最难的部分。因为没有公式,问题的系统化也不怎么明确,可是,千万不要因此就跳读过去。须知能独自解答第一章正是锻炼自己对比例运算的能力。

5. 希望一定要先把每一章节前的叙述部分搞清楚。特别是对第三章和第四章,它们是本书具有独特解法的部分,如果不弄懂这部分前面的叙述内容,欲得出正确答案是不可能的。

目 录

前言.....	iii
本书的结构.....	iv
本书的使用方法.....	vi
第一章 有关以比、质量和体积为中心的计算.....	1
1-1 比和质量	1
1-2 密度,比重.....	6
1-3 溶解度	9
1-4 重量百分比浓度	18
1-5 根据气体定律的计算	24
1-6 气体的溶解度 (I).....	38
第二章 以摩尔数为中心的问题.....	44
2-1 关于固体的计算	45
2-2 关于气体的计算	54
2-3 分压,气体的溶解度 (II).....	80
2-4 体积摩尔浓度	88
2-5 沸点上升,凝固点下降 (I)	96
2-6 渗透压 (I).....	106
第三章 产生化学变化的问题.....	110
3-1 燃烧,氧化物.....	119
3-2 化合	132
3-3 可燃性气体燃烧时伴随的体积变化	134
3-4 伴随臭氧的生成而发生的体积变化	143

3-5	中和反应	147
3-6	氢离子浓度和 pH 值 (I)	174
3-7	复分解反应	187
3-8	氧化还原反应	212
3-9	电化学	234
3-10	利用原子价法难于解答的问题	265
第四章	碳化物	274
4-1	燃烧	274
4-2	加成反应	319
4-3	酯化和水解反应	330
第五章	化学平衡 (I)——不包含平衡系数的计算	337
5-1	平衡时的摩尔数、体积和压强	337
5-2	含有离解度 α 的计算	347
5-3	沸点上升,凝固点下降,渗透压 (II)	356
5-4	氢离子浓度和 pH 值 (II)	360
第六章	化学平衡 (II)——利用平衡常数 K 的计算	369
6-1	质量作用定律	371
6-2	溶度积	378
6-3	氢离子浓度和 pH 值 (III)	383
第七章	热化学	392
7-1	热量计算	392
7-2	盖斯定律	398

第一章 有关以比、质量和体积 为中心的计算

1-1 比 和 质 量

(一) 列比例式的方法

如果把化学计算和物理或数学计算相比较，应该说化学计算非常简单。在化学计算中的数值关系，一般是比例关系，而且几乎全是正比例，很少见到反比例。可是，在实际上还是有很多人认为化学计算是棘手的问题。我们认为其中主要原因是大家对“列比例式”在原则上还没有搞清楚。可能也有些人认为“列比例式”是个简单的问题，一看就会了，何必再去学它而白白地浪费时间呢！不。我认为“列比例式”的原则，在化学计算中是一个极为重要而复杂的问题，所以要求读者能够严肃认真，充分理解，熟练掌握才好。

〔基本练习1〕 已知牛肉 100 克 (2 两) 售价 0.20 元。试求购买此牛肉 500 克 (1 斤) 的价格是多少？

关于这个问题，究竟用哪种方法处理是最有效的呢？现在我们就下列几种类型的解法来进行研究比较。

(A) 型 $100 \text{ 克} : 0.20 \text{ 元} = 500 \text{ 克} : x \text{ 元}$

由此得

$$100x = 500 \times 0.20$$

$$\therefore x = \frac{500 \times 0.20}{100} = 1 \text{ 元}$$

$$(B) \text{ 型} \quad \frac{0.20}{100} = \frac{x}{500}$$

由此得 $x = \frac{500 \times 0.20}{100} = 1 \text{ 元}$

$$(C) \text{ 型} \quad \frac{500}{100} = 5 \text{ 倍}$$

因此 $0.20 \text{ 元} \times 5 = 1 \text{ 元}$

$$(D) \text{ 型} \quad 0.20 \text{ 元} \times \frac{500}{100} = 1 \text{ 元}$$

在商店里，绝不是按照(A)型或(B)型的方法进行计算的。售货员和顾客之间很可能是按(C)型的方法进行计算的。把(C)型的两部分计算连接起来，就变成了(D)型的综合计算了，这就是化学计算的要领。在化学计算中，一般是不允许算式中间断开的。一定要把算式连接起来，才能得到系统的化学概念。

【基本练习2】 如果购买100克(2两)牛肉用了0.20元，那末，购买500克(1斤)需0.05元的硬币几个？

(解)

$$0.20 \text{ 元} \times \frac{500}{100} \times \frac{1}{0.05} = 20 \text{ 个}$$

【基本练习3】 如果购买100克(2两)牛肉用了0.20元，那末，用买500克(1斤)牛肉的钱可买100克定价为0.25元的猪肉多少克？

(解)

$$0.20 \text{ 元} \times \frac{500}{100} = 0.25 \text{ 元} \times \frac{x}{100}$$

能够建立这样简明的算式，是因为用了(D)型的计算方法。在化学计算时必须掌握这个要领。

在这里，要引起注意的是：决不能只用【基本练习1】的一种解法，还可以应用下式求解

$$100 \text{ 克} \times \frac{x \text{ 元}}{0.20} = 500 \text{ 克}$$

当人们见到这个正确的重量等式时，是不必感到奇怪的。因为人们在进行买卖交易时，都是用元做单位的，所以等号的右侧，就必然能导出以元为单位的算式。可是，在化学计算时，常常缺乏这样的常识。因此，必需考虑将等号右侧的摩尔单位立即换算成克和升的单位，这将是进一步掌握化学计算时的要领。

现在我们来计算化学上的问题。

1. 试求在 57.2 克结晶碳酸钠 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 中含有多少克 Na_2CO_3 ? ($\text{Na} = 23, \text{C} = 12, \text{H} = 1, \text{O} = 16$)

【速解】

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = 286 \quad \text{Na}_2\text{CO}_3 = 106$$

$$57.2 \times \frac{106}{286} = x$$

$$\therefore x = 21.2 \text{ 克}$$

【解说】 已知 286 克 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 中含有 Na_2CO_3 106 克，则 57.2 克 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 中应含有 Na_2CO_3 的克数为

$$57.2 \times \frac{106}{286}$$

2. 化合物A是表示含有 r 分子结晶水的分子式。如果取A的晶体 1.00 克加热, 使结晶水完全除去, 而其它成分不变, 只是重量减到 0.64 克。试写出 A 的分子量中含有 r 的表示式。(H = 1, O = 16)

【速解】

$$r\text{H}_2\text{O} = 18r$$

$$1.00 \times \frac{18r}{x} = 1.00 - 0.64$$

$$\therefore x = 50r$$

【解说】 r 分子水重 = $18r$ 。如设化合物A的分子量为 x , 则 x 克化合物A中含有 $18r$ 克水, 1.00 克化合物A中应含有水 $1.00 \times \frac{18r}{x}$ 克。题中已知 1.00 克化合物A中含有水 $(1 - 0.64)$ 克, 列成等式即得 $1.00 \times \frac{18r}{x} = (1 - 0.64)$ 。

3. 今有一含结晶水的化合物。取其 0.416 克, 并加热使其结晶水完全排除掉以后, 测得该物的重量为 0.244 克。试求此化合物中的结晶水所占的重量百分比是多少?

【速解】

$$0.416 \times \frac{x}{100} = 0.416 - 0.244$$

$$\therefore x = 41.3\%$$

【解说】 如设化合物中结晶水的百分含量为 x , 则 0.416

克化合物中结晶水含量的百分比为

$$0.416 \times \frac{x}{100}$$

现已知 0.416 克化合物中结晶水重 = (0.416 - 0.244) 克. 列

成等式即得 $0.416 \times \frac{x}{100} = 0.416 - 0.244$.

4. 今有一粉末状的金属试样. 因放置在空气中, 所以有一部分被氧化. 现将此 1.000 克试样在空气中进行限重加热, 达到 1.225 克. 然后再把它放在氢气中, 进行完全还原, 变成 0.975 克. 试求加热前的试样中有百分之几的金属被氧化?

【速解】

$$(1.225 - 0.975) \times \frac{x}{100} = 1.000 - 0.975$$

$$\therefore x \approx 10\%$$

【解说】 已知部分金属被氧化, 耗氧量为 (1.000 - 0.975) 克; 金属全部被氧化, 耗氧量为 (1.225 - 0.975) 克.

如设部分被氧化的金属为 $\frac{x}{100}$, 则完全被氧化的金属应为 $\frac{100}{100}$. 即 (1.225 - 0.975) 克氧可氧化金属为 100, 而 (1.000 - 0.975) 克氧可氧化金属为 x .

列成等式得 $(1.225 - 0.975) \times \frac{x}{100} = 1.000 - 0.975$,

$$\text{或 } \frac{(1.225 - 0.975)}{100} = \frac{(1.000 - 0.975)}{x}.$$

1-2 密度, 比重

(二) 密度, 比重

密度是表示固体或液体每立方厘米的重量, 其单位为克/厘米³。虽然比重为同体积物质的重量比, 但是当只提出比重时, 是特指对水的比。

密度和比重的数值是相等的, 只是前者的单位是克/厘米³, 而后者为 1 纯数(无单位)。可是, 在实际运算中, 可以把比重认为是密度, 同样用单位克/厘米³来计算。

今设密度为 d , 体积为 v , 重量为 w 时, 则其关系式可有三种形式:

$$d = \frac{w}{v} \quad (1)$$

$$w = dv \quad (2)$$

$$v = \frac{w}{d} \quad (3)$$

在化学计算中, 最常出现的为(2), 但是(3)也是经常出现的。

[基本练习5] 铁的密度为 7.8 克/厘米³。试求每边为 10 厘米的立方体铁块重多少克?

(解)

由公式 (2) $w = dv$

$$\therefore w = 7.8 \times 10^3 = 7,800 \text{ 克}$$

【基本练习6】 铝的晶体结构为面心立方晶格，其晶胞每一边长为 4.04 埃，金属的密度为 2.70 克/厘米³。试求此晶胞的质量为多少克？

(解)

1 埃 = 10^{-8} 厘米，由公式 (2) 得

$$\begin{aligned} w &= d \times v = 2.70 \times (4.04 \times 10^{-8})^3 \\ &= 1.78 \times 10^{-22} \text{ 克} \end{aligned}$$

能正确解答【基本练习 6】的人是极少的。这是由于他们认为埃这个单位不能使用 $w = d \times v$ 这个一般的公式，从而陷入错觉。

5. 已知铝的比重为 2.70。试求 18 厘米³ 铝块的重量为多少克？

【速解】

$$2.70 \times 18 = x$$

$$\therefore x = 48.6 \text{ 克}$$

【解说】 设铝块的质量为 x 克，由公式 (2) $w = dv$ ，因而得 $x = w = dv = 2.70 \times 18$

6. 单质 A 是比重为 1.6 的固体。通过 X 射线测定，得知在边长为 5.5×10^{-8} 厘米的立方体中，包含有 4 个原子。试求此单质 A 中的每一个原子重多少克？

【速解】

$$1.6 \times (5.5 \times 10^{-8})^3 = x \times 4$$

$$\therefore x = 6.65 \times 10^{-23} \text{ 克}$$

【解说】 设所求的每一个原子重为 x 克时，则 4 个原子

共重为 $(x \times 4)$ 克。由公式 (2) $w = dv$ 而得

$w = 1.6 \times (5.5 \times 10^{-8})^3$, 依题意得重量等式为

$$1.6 \times (5.5 \times 10^{-8})^3 = x \times 4$$

7. 在 100 克水中溶解结晶碳酸钠 28.6 克。如果此溶液的比重为 1.08, 试求该体积为多少毫升?

【速解】

$$1.08 \times x = 100 + 28.6$$

$$\therefore x \doteq 119 \text{ 毫升}$$

【解说】 设所求的体积为 x 毫升, 由 $w = dv$ 可得 $w = (1.08 \times x)$ 克。现在此溶剂和溶质共为 $(100 + 28.6)$ 克, 则依题意得重量等式为

$$1.08 \times x = 100 + 28.6$$

8. 为了配制比重为 1.70 的硫酸, 需在 100 毫升水中加入比重为 1.80 的硫酸多少毫升? (假定水和硫酸混合时体积不变, 水的比重为 1.00)

【速解】

$$1.00 \times 100 + 1.80 \times x = 1.70 \times (100 + x)$$

$$\therefore x = 700 \text{ 毫升}$$

【解说】 设加入的硫酸的体积为 x 毫升, 由公式 $w = dv$ 可知水的重量为 (1.00×100) 克, 硫酸的重量为 $(1.80 \times x)$ 克, 混合后的重量应为 $1.70 \times (100 + x)$ 克。则依题意得重量等式为: 水的重量 + 硫酸的重量 = 混合后的重量
即 $(1.00 \times 100) + (1.80 \times x) = 1.70 \times (100 + x)$