

初等化学计算指南

于顺江 编
孙绍仁

东北师范大学出版社

初等化学计算指南

于顺江 孙绍仁 编

东北师范大学出版社

初等化学计算指南
chū děng huà xué jì suàn zhǐ nán
于顺江 孙绍仁 编

★
东北师范大学出版社出版
(吉林省长春市斯大林大街自由广场)
吉林省新华书店发行
吉林建筑工程学院印刷厂印刷

★
开本787×1092毫米1/32 印张4.625 字数87,000
1986年8月第1版 1986年8月第1次印刷
印数1———10,000册
统一书号: 7334·30 定价: 0.80元

前 言

化学计算对巩固、运用化学基础知识，培养学生分析问题、解决问题能力具有重要作用。编者根据多年教学实践的心得体会，对初等化学中的有关计算进行系统归纳整理编成此书。

全书共分七章，每章内容包括化学基本概念、基本理论和计算公式简介，典型例题分析。本书着眼于启发思路，培养能力，把理论知识与解题方法紧密结合起来，以少而精的篇幅达到举一反三的目的。例题由易到难，由简到繁，一题多解，具有典型性和难度，概括了初等化学中的一般解题方法和解题技巧。本书对于学习和掌握初等化学计算，无疑是大有帮助的。

本书是一本中学化学教师的教学参考书，也可供具有中学文化水平的青年学生自学参考。

本书初稿是于顺江同志编写的，最后由丹东师范专科学校孙绍仁老师修改定稿。

编 者

1985年4月

目 录

第一章	气态方程式	(1)
第一节	理想气态方程式的几种表示形式.....	(1)
第二节	气态方程式的应用.....	(2)
第二章	计算分子量、确定分子式和结构式	(11)
第一节	计算分子量.....	(11)
第二节	确定分子式和结构式.....	(18)
第三节	有关分子式和分子量的计算.....	(31)
第三章	气体的体积百分含量	
	与质量百分含量	(35)
第一节	已知混和气体中各组分的体积百分含量 求它们各自的质量百分含量.....	(35)
第二节	已知混和气体中各组分的质量百分含量 求它们各自的体积百分含量.....	(39)
第四章	关于溶液的计算	(45)
第一节	关于溶解度计算.....	(45)
第二节	溶液的浓度及其表示法.....	(52)
第三节	同一溶液各种浓度表示法之间的关系.....	(59)

第四节	溶液的混和与稀释·····	(62)
第五节	pH 值的简单计算·····	(67)
第五章	根据化学反应方程式进行计算·····	(70)
第一节	计算方法和注意事项·····	(70)
第二节	化学反应方程式的配平·····	(71)
第三节	根据化学反应方程式进行计算·····	(74)
第六章	综合型计算例题·····	(90)
第七章	化学平衡与电离平衡·····	(108)
第一节	化学反应平衡常数及计算·····	(108)
第二节	电离平衡常数与 pH 值·····	(115)
附 录		
一、	常用酸、碱、盐的浓度、比重及配制·····	(129)
二、	弱酸弱碱在水溶液中的电离常数·····	(134)
三、	法定计量单位·····	(137)

第一章 气态方程式

气态方程式的导出在中学物理学中已讲过，这里不再推导，只讲气态方程式的应用。

第一节 理想气态方程式的几种表示形式

1. 一定量的气体所占的体积和它所受压强的乘积与它所处绝对温度的比值是个常数，则有：

$$\frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2} = \dots\dots\dots = \frac{V_n P_n}{T_n}$$

2. 当气体的量为 n 摩尔时，这个常数则为 nR ，上式则可写成：

$$\frac{VP}{T} = nR$$

其中 R 叫做摩尔气体常数， R 不随气体的状况 (P 、 V 、 T) 改变而改变。当 $n=1$ 摩尔时，则：

$$R = \frac{VP}{T}$$

在标准状况时，即温度为 273°K ，压强为 1 标准大气压时，

每摩尔气体所占的体积为22.4升，代入上式，则：

$$R = \frac{22.4 \text{ 升/摩尔} \times 1 \text{ 大气压}}{273^\circ \text{K}} = 0.082 \text{ 升} \cdot \text{大气压/摩尔} \cdot ^\circ \text{K}$$

当压强和体积取其他单位时，则R的数值和单位如下：

$$\begin{aligned} R &= 8.21 \times 10^{-5} \text{ 米}^3 \cdot \text{大气压} \cdot \text{摩尔}^{-1} \cdot ^\circ \text{K}^{-1} \\ &= 6.24 \text{ 升} \cdot \text{厘米汞柱}^{-1} \cdot \text{摩尔}^{-1} \cdot ^\circ \text{K}^{-1} \\ &= 6.24 \times 10^4 \text{ 毫升} \cdot \text{毫米汞柱} \cdot \text{摩尔}^{-1} \cdot ^\circ \text{K}^{-1} \end{aligned}$$

为了便于记忆，我们在计算中取 $R = 0.082 \text{ 升} \cdot \text{大气压} \cdot \text{摩尔}^{-1} \cdot ^\circ \text{K}^{-1}$ 的数值和单位，如果题中压强的单位不是以大气压为单位，则应换算成以大气压为单位，体积不是以升为单位，则应换算成以升为单位。

3. 当这一定量气体的质量为W克，气体的摩尔质量为M克/摩尔，则气体的量：

$$n = \frac{W}{M} \text{ 摩尔},$$

这时气态方程式又可写成：

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{W}{M} R \text{ (克拉伯龙方程式)}$$

第二节 气态方程式的应用

1. 气体状况变换计算

根据 $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ ，已知其中的五个量，可以求另一个量，常用于求一定量气体在标准状况下的体积：

$$V_0 = \frac{V_1 P_1 \cdot T_c}{T_1 \cdot P_0} \quad (\text{例略})$$

2. 求气体的量

根据 $\frac{VP}{T} = nR$, 则气体的量 $n = \frac{1}{R} \cdot \frac{VP}{T}$

〔例一〕 在2大气压, 27℃时123升气体的量是多少?

〔解〕 气体的量 $n = \frac{1}{R} \cdot \frac{VP}{T} = \frac{123 \times 2}{0.082 \times (273 + 27)^\circ K}$
 $= 10 \text{ (摩尔)}$

答: 气体的量是10摩尔。

3. 计算气体的分子量

根据 $\frac{PV}{T} = \frac{W}{M} R$, 则气体的摩尔质量 $M = R \cdot \frac{W \cdot T}{P \cdot V}$

〔例二〕 某金属元素氯化物的蒸气在 827℃, 1 大气压下, 0.1335 克所占的体积为90.2毫升, 求此氯化物的分子量。

〔解〕

这种氯化物摩尔质量 $M = R \cdot \frac{W \cdot T}{P \cdot V}$
 $= 0.082 \text{ 升} \cdot \text{大气压/摩尔} \cdot ^\circ K \times \frac{0.1335 \text{ 克} \times (827 + 273)^\circ K}{1 \text{ 大气压} \times \frac{90.2}{1000} \text{ 升}}$
 $= 133.5 \text{ 克/摩尔}$

所以, 这种氯化物的分子量为133.5。

答：这种氯化物的分子量为133.5。

4. 计算某一状况下气体的密度

由克拉伯龙方程式： $\frac{VP}{T} = \frac{W}{M} R$ ，

得： $\frac{W}{V} = \frac{M \cdot P}{R \cdot T}$ ， $\frac{W}{V} = d$ （克/升）为气体的密度，

所以：

$$d \text{ (克/升)} = \frac{M \cdot P}{R \cdot T}$$

我们再进行进一步分析式 $d = \frac{M \cdot P}{R \cdot T}$ 实质，把此式再改写

成：
$$d = \frac{M}{\frac{R \cdot T}{P}}$$

其中分子M表示气体的摩尔质量，分母 $\frac{R \cdot T}{P}$ 由 $\frac{VP}{T} = nR$

得，
$$\frac{R \cdot T}{P} = \frac{V}{n}$$
，

所以， $\frac{R \cdot T}{P}$ 为每摩尔气体在温度为T，压强为P时的体

积，在标准状况时 $\frac{R \cdot T}{P}$ 为气体的摩尔体积，即22.4升/摩尔。

所以，气体在标准状况时的密度 $d = \frac{M \text{ (克/摩尔)}}{22.4 \text{ (升/摩尔)}} \cdot$

〔例三〕求氧气在20℃时，750毫米汞柱压强时的密度。

〔解〕氧气的摩尔质量 $M = 32$ 克/摩尔，

750毫米汞柱压强相当于 $\frac{750}{760}$ 大气压 $= 0.987$ 大气压，

氧气在此条件下的密度 $d = \frac{M \cdot P}{R \cdot T}$

$$= \frac{32 \text{ 克/摩尔} \times 0.987 \text{ 大气压}}{0.082 \text{ 升} \cdot \text{大气压/摩尔} \cdot ^\circ\text{K} \times (273 + 20) ^\circ\text{K}}$$
$$= 1.314 \text{ 克/升}$$

答：氧气在20℃时，750毫米汞柱压强时的密度为1.314克/升。

5. 计算气体的量比

有气体A和B，气体A的量为 n_1 ，它所处的状况和体积分别为 T_1 、 P_1 和 V_1 ；气体B的量为 n_2 ，它所处的状况和体积分别为 T_2 、 P_2 和 V_2 ，则有：

$$n_1 R = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$n_2 R = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

上边的两式两端分别相比，则得：

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1 V_1 \cdot T_2}{P_2 V_2 \cdot T_1}$$

根据上式，当某些条件一定时，则可得下面六种情况：

(i) 当 $T_1 = T_2$ 、 $P_1 = P_2$ 时（即同温同压时）

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

即当温度和压强相同时气体的量之比等于它们的体积之比。

(ii) 当 $T_1 = T_2$, $V_1 = V_2$ 时 (即同温同体积时)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

即当温度和体积都相同时, 气体的量之比等于它们所受的压强之比。

(iii) 当 $P_1 = P_2$, $V_1 = V_2$ 时 (即压强和体积都相同时)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

即当压强和体积相同时, 气体的量之比等于它们各自所处的绝对温度的反比。

(iv) 当 $T_1 = T_2$ 时, 即温度不变时,

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2}$$

当 $n_1 = n_2$ 时, 则: $P_1 V_1 = P_2 V_2$ (波义耳定律)

(v) 当 $P_1 = P_2$ 时, 即压强相同时

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{V_1 T_2}{V_2 T_1}$$

当 $n_1 = n_2$ 时: 则: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ (盖·吕萨克定律)

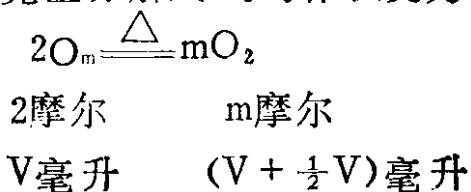
(vi) 当 $V_1 = V_2$ 时,

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1}$$

当 $n_1 = n_2$ 时，则： $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ (查理定律)

〔例四〕现有两种氧的单质 O_2 和 O_m 组成的混和气体，从中取出相同的两份，往一份中加入松节油使 O_m 完全被吸收，体积减少了 V 毫升；另一份加热，使 O_m 完全分解成 O_2 ，则体积增加了 $\frac{1}{2}V$ 毫升，以上数据是在同温度下测定的，求 m 值。

〔解〕根据题意，说明每一份中含 O_m 为 V 毫升，加热 V 毫升 O_m 完全分解成 O_2 时体积变为 $V + \frac{1}{2}V$ 毫升，



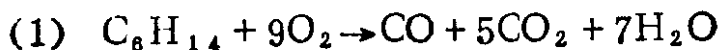
同温同压下，气体的量之比等于体积之比，即：

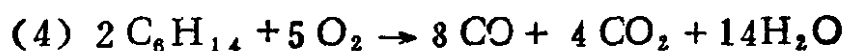
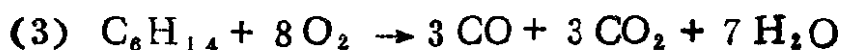
$$\frac{2\text{摩尔}}{m\text{摩尔}} = \frac{V\text{毫升}}{(V + \frac{1}{2}V)\text{毫升}}$$

解得： $m = 3$

答： m 值等于 3。

〔例五〕引燃密闭容器内的已烷和氧气组成的混和气体，使之发生不完全燃烧反应，在 120°C 时测得反应前后的压强分别是 270 毫米汞柱和 390 毫米汞柱，试根据实验数据判断这一燃烧反应主要是按下列哪个方程式进行的，并写出判断依据。





〔解〕因为当体积和温度不变时，气体的量之比等于压强比。

$$(3) \text{式反应前后气体的量之比} = \frac{1+8}{3+3+7} = \frac{9}{13}$$

根据题意反应前后的压强比 = $\frac{270 \text{毫米汞柱}}{390 \text{毫米汞柱}} = \frac{9}{13}$ 所以，反应主要是按 (3) 式进行的。

〔例六〕在密闭容器内充入 1 摩尔 N_2 和 3 摩尔 H_2 ，在一定温度下反应达到平衡时，压强降到原来的 $\frac{3}{4}$ ，求 N_2 的转化率。

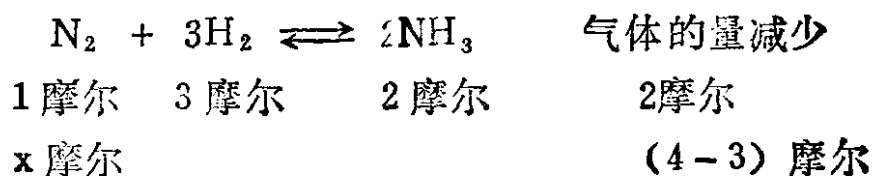
〔解〕设开始时容器内的压强为 P_1 ，平衡时容器内的压强为 P_2 ，根据题意， $P_2 = \frac{3}{4} P_1$ ，开始时气体的总量 $n_1 = 1 + 3 = 4$ (摩尔)，设平衡时气体的总量为 n_2 。

当温度和体积不变时，气体的量之比等于压强之比，即：

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1}{P_2}, \quad \frac{4 \text{摩尔}}{n_2} = \frac{P_1}{\frac{3}{4} P_1}$$

解得， $n_2 = 3$ 摩尔

设有 x 摩尔 N_2 参加反应。



$$\frac{1}{x} = \frac{2}{4-3}, \text{解得: } x = 0.5 \text{ (摩尔)}$$

$$\text{N}_2 \text{的转化率} = \frac{0.5 \text{摩尔}}{1 \text{摩尔}} \times 100\% = 50\%$$

答: N_2 的转化率为 50%。

〔例七〕有甲乙两个容积相等的烧瓶, 在常压下, 甲烧瓶在 100°C 时充满 CCl_4 蒸气, 乙烧瓶在 80°C 时充满 CCl_4 蒸气, 然后使甲乙两个烧瓶中的 CCl_4 都完全冷却下来变为液态, 称得甲烧瓶中液态 CCl_4 的质量为 3.53 克, 推算乙烧瓶中液态 CCl_4 的质量

〔解〕当压强和体积都相同时, 气体的量之比与它们各自所处的绝对温度成反比, 即

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

同一种物质的量之比等于它们的质量比, 即

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

所以,

$$\begin{aligned} \frac{w_1}{w_2} &= \frac{T_2}{T_1}, w_2 = w_1 \times \frac{T_1}{T_2} = 3.53 \text{克} \times \frac{(273 + 100)^\circ\text{K}}{(273 + 80)^\circ\text{K}} \\ &= 3.73 \text{克} \end{aligned}$$

答: 乙烧瓶中的 CCl_4 质量为 3.73 克。

〔例八〕在密闭容器中, 于 0°C 时放入气体 A, 其压强为 2.73 大气压, 加热到 100°C , A 部分分解, 达到 $\text{A} \rightleftharpoons \text{B} +$

C 的平衡，这时总压强为 4.96 大气压，求 A 的分解率。

(B、C 均为气体)

[解] 设开始充入的 A 为 n_1 摩尔，平衡时分解的 A 为 x 摩尔，平衡时气体的总量为 n_2 ，当体积不变时，

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1} = \frac{2.73 \text{ 大气压} \times (273 + 100)^\circ \text{K}}{4.96 \text{ 大气压} \times 273^\circ \text{K}} = \frac{373}{496}$$



开始时: n_1 摩尔 0 摩尔 0 摩尔

平衡时: $n_1 - x$ 摩尔 x 摩尔 x 摩尔

$$n_2 = (n_1 - x) + x + x = n_1 + x$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{373}{496}, \quad \frac{n_1}{n_1 + x} = \frac{373}{496},$$

$$\frac{n_1}{n_1 + x - n_1} = \frac{373}{496 - 373} \quad (\text{分比定理})$$

$$\frac{n_1}{x} = \frac{373}{496 - 373} = \frac{373}{123}$$

$$\text{A 的分解率} = \frac{x}{n_1} \times 100\% = \frac{123}{373} \times 100\% = 33\%$$

答: A 的分解率为 33%。

第二章 计算分子量、确定分子式和结构式

第一节 计算分子量

1. 根据分子式计算分子量

根据分子式计算分子量虽然很简单，但化学计算常常从这里开始，如果这一步计算不正确会造成整个计算失误，所以，这一步必须十分慎重。（例略）

2. 根据气体在标准状况下的密度计算分子量

前边讲过，气体在标准状况下的密度 d （克/升）

$$= \frac{\text{气体的摩尔质量 (M克/摩尔)}}{\text{气体的摩尔体积 (22.4升/摩尔)}}$$

气体的摩尔质量（M克/摩尔）= 气体在标准状况下的密度（克/升） $\times$ 气体的摩尔体积（22.4升/摩尔）。

〔例一〕 在标准状况下，235毫升某气体的质量是0.406克，求其分子量。

〔解〕

$$\text{这种气体在标准状况下的密度} = \frac{0.406 \text{克}}{\frac{235}{1000} \text{升}} = 1.728 \text{克/升}$$

$$\text{摩尔质量} = 1.728 \text{克/升} \times 22.4 \text{升/摩尔} = 38.7 \text{克/摩尔}$$