

• 胡学增 吴峥 编著

A large, stylized flame graphic composed of several overlapping, curved shapes in red, yellow, purple, and blue, rising from a white, flame-shaped base. The base contains a red circle with the word 'HUAXUE' in white.

中学化学计算 归类分析

HUAXUE

ZHONGXUEHUAXUEJISUANGUILEIFENXI

河南教育出版社

化学计算归类分析

胡学增 吴 峥

河南教育出版社

化学计算归类分析

胡学增 吴峥

责任编辑 李晶晶

河南教育出版社出版

河南第一新华印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米 32 开本 8.75印张 169千字

1988年4月第1版 1988年4月第1次印刷

印数1—6,500册

ISBN7-5347-0120-1/G·101

定 价 1.60 元

编 者 的 话

中学化学计算是化学教学的难点之一。如何培养学生熟练地去解决化学计算问题，是化学教学研究工作者和化学教师十分关注的问题。

近十年来，我们通过教学的实践和研究，逐渐形成了一套以摩尔比例法为中心的化学计算归类分析法。本书就是对这套方法的初步总结。

这套方法将化学计算大致划分为基本公式计算、一般的根据化学方程式计算以及若干项专门计算。从计算的内在规律去发掘解题思路。

例如，根据化学方程式的计算，都有以下四个步骤：

(1) 确定有关反应的化学方程式。

(2) 写出欲求因素的基本计算公式。

(3) 尽可能确定有关化学方程式中任一物质的物质的量是多少摩尔。

(4) A. 在确定了某一化学反应中一种物质有多少摩尔时，再确定其余物质有多少摩尔，根据有关计算公式得出结论。

B. 在无法直接确定反应中某些物质有多少摩尔时，用 x

的代数式表示其余物质有多少摩尔，从而立式求解，得出结论。

归类分析的方法在一些省市交流后，受到化学教师的欢迎和好评。我们在多年的实践中也证明运用归类分析的方法进行计算教学，可以使极大多数学生对化学计算有更深刻的认识，形成迅捷而又简便的解题思路，使化学计算教学化难为易。

这本书可供中学化学教师作教学参考之用，也可供广大化学自学者、中等学校的学生在学习化学时参考。

编 者

1987.7.

目 录

第一章 化学的基本计算	1
第一节 混和气体平均分子量的计算	1
第二节 求物质的量——摩尔的计算	11
第三节 求溶液的摩尔浓度和当量浓度的计算	23
第四节 百分关系的计算	44
第五节 求原子、分子量的计算	55
第六节 求物质质量的计算	65
第二章 根据化学方程式的计算	69
第一节 根据一个化学方程式的计算	69
第二节 根据两个化学方程式的计算	92
第三节 根据多个化学方程式的计算	115
第四节 运用气体定律的计算	134
第三章 关于溶解度的计算	148
第一节 求溶解度的计算	148
第二节 运用溶解度概念进行的计算	155
第四章 溶液pH值的计算	170
第一节 由 $[H^+]$ 或 $[OH^-]$ 求pH值	171
第二节 由强酸、强碱稀溶液浓度求pH值	174

第三节	由弱酸、弱碱溶液的浓度求pH值.....	179
第四节	由强酸、强碱稀溶液两两混和后求 pH 值.....	182
第五节	求配制一定pH值溶液所需酸、碱的 计算.....	187
第五章	与化学平衡有关的计算.....	190
第一节	求反应物转化率的计算.....	192
第二节	求平衡常数 K_c 的计算	203
第三节	求原料投入量的计算.....	212
第六章	与有机化合物有关的计算.....	217
第一节	求有机物产量、产率和转化率的计算.....	217
第二节	有机物混和反应计算.....	237
第三节	确定有机物分子式、结构简式的计算	
第四节	根据有机物衍生关系进行的计算.....	262

第一章 化学的基本计算

在化学计算中，有一类是仅仅涉及基本概念的计算，这些计算只要根据一定的公式就可以进行，它们不涉及化学反应，不需要根据一定的化学方程式来进行。本章将分类讨论这些计算的各种类型。

第一节 混和气体平均分子量的计算

混和气体随着其组分的变化或差别，其平均摩尔质量和平均分子量也会发生变化。混和气体的平均分子量是怎样求出的呢？它的基本公式是什么呢？让我们以空气为例进行分析。

我们知道，空气的平均分子量是29，这个数值是空气中各组分分子量的加权平均值，是按各组分的体积百分比加权进行的。即：

$$29 = M_{O_2} \times 21\% + M_{N_2} \times 78\% + M_{CO_2} \times 0.03\% + \dots$$

$$(29 = 32 \times 21\% + 28 \times 78\% + 44 \times 0.03\% + \dots)$$

式中的 M_{O_2} 、 M_{N_2} 、 M_{CO_2} 分别代表了 O_2 、 N_2 、 CO_2 的分子量。

我们由空气的平均分子量可以看出求算平均分子量的基本公式是：

$$\bar{M} = M_A \times a\% + M_B \times b\% + M_C \times c\% + \dots$$

式中 $\bar{M}$ 是混和气体的平均分子量。 M_A 、 M_B 、 M_C 分别是组成混和气体的各气体的分子量， $a\%$ 、 $b\%$ 、 $c\%$ 分别是这些组成气体在混和气体中的体积百分比。

根据阿佛加德罗定律，在相同状况时气体的体积比等于其摩尔比，因此这里 $a\%$ 、 $b\%$ 、 $c\%$ ……也可以是混和气体中各组分气体的摩尔百分比。

根据百分数和分数的换算关系，也常用分数代替百分数进行计算。

求气体平均分子量的计算或运用气体平均分子量的计算有以下五种情况：

一、由混和气体的体积组成求平均分子量

由混和气体的体积组成求平均分子量是求平均分子量的最简单形式，只要将有关数据代入上述公式即可。

【例1】 求含 N_2 —30%、 H_2 —60%、 NH_3 —10%的混和气体的平均分子量。

【解】 $\bar{M} = M_A \times a\% + M_B \times b\% + M_C \times c\% + \dots$

$$\bar{M} = 28 \times 30\% + 2 \times 60\% + 17 \times 10\% = 11.3$$

答：该混和气体的平均分子量是11.3。

【例2】 某地的天然气中含 CH_4 —80%、 C_2H_6 —10%、 CO —5%、 CO_2 —3%、 N_2 —2%，这种天然气的平均分子量是多少？

$$\begin{aligned}
 \text{【解】 } \overline{M} &= M_{\text{CH}_4} \times 80\% + M_{\text{C}_2\text{H}_6} \times 10\% + M_{\text{CO}} \times 5\% \\
 &\quad + M_{\text{CO}_2} \times 3\% + M_{\text{N}_2} \times 2\% \\
 &= 16 \times 80\% + 30 \times 10\% + 28 \times 5\% + 44 \times 3\% + 28 \times 2\% \\
 &= 19.08
 \end{aligned}$$

答：该天然气的平均分子量是19.08。

二、一定体积各种气体混和，求混和气体平均分子量

一定体积的各种气体混和后，各气体在混和气体中占有一定的体积比，根据各气体的分子量以及它们的体积在总体积中占几分之几，即可计算其平均分子量。

【例1】 把相同状况时 1 升 N_2 ，2 升 CO_2 ，3 升 O_2 混和，求混和气体的平均分子量。

$$\text{【解】 } \text{N}_2 \text{ 在混和气体中占 } \frac{1}{1+2+3} = \frac{1}{6}$$

$$\text{CO}_2 \text{ 在混和气体中占 } \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

$$\text{O}_2 \text{ 在混和气体中占 } \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

$$\overline{M} = 28 \times \frac{1}{6} + 44 \times \frac{1}{3} + 32 \times \frac{1}{2} = 35.3$$

答：该混和气体的平均分子量是35.3。

【例2】 相同状况时， CO 、 H_2 、 CO_2 等体积混和，求混和气体与 H_2 的相对密度是多少？

【解】 CO 、 H_2 、 CO_2 等体积混和时，在混和气体中各占 $\frac{1}{3}$ 。

$$\overline{M} = 28 \times \frac{1}{3} + 2 \times \frac{1}{3} + 44 \times \frac{1}{3} = 24.7$$

与 H_2 的相对密度是 $24.7 \div 2 = 12.35$

答：该混和气体与 H_2 的相对密度是12.35。

三、求以一定摩尔比组成的混和气体的平均分子量

在相同状况时，对于气体物质，一定的摩尔比就是一定的体积比，按一定摩尔数混和组成的混和气体，就是按一定体积组成的混和气体，各组分在总摩尔数中所占的摩尔分数，也就是它们在总体积中所占的体积分数。

化学反应产生的混和气体，各组分有一定的摩尔比例关系，由反应产生气体的摩尔比，确定各组分气体在总摩尔数中所占的摩尔分数也就是它们的体积分数。

【例1】0.1摩尔 NH_3 ，0.3摩尔 H_2 ，0.2摩尔 N_2 混和组成的混和气体，其平均分子量是多少？

$$\text{【解】 } NH_3 \text{ 在混和气体中占 } \frac{0.1}{0.1+0.3+0.2} = \frac{1}{6}$$

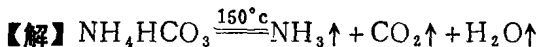
$$H_2 \text{ 在混和气体中占 } \frac{0.3}{0.1+0.3+0.2} = \frac{1}{2}$$

$$N_2 \text{ 在混和气体中占 } \frac{0.2}{0.1+0.3+0.2} = \frac{1}{3}$$

$$\overline{M} = 17 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2} + 28 \times \frac{1}{3} = 13.17$$

答：该混和气体的平均分子量是13.17。

【例2】在 $150^\circ C$ 时加热分解碳酸氢铵，所产生混和气体的平均分子量是多少？

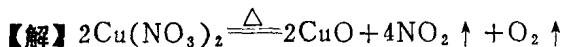


150℃时， H_2O 是气体，三种气体摩尔比为1:1:1，其体积比也是1:1:1，即 NH_3 、 CO_2 、 H_2O （气）在混和气体中分别占 $\frac{1}{3}$ 。

$$\overline{M} = 17 \times \frac{1}{3} + 44 \times \frac{1}{3} + 18 \times \frac{1}{3} = 26.3$$

答：加热碳酸氢铵所产生混和气体的平均分子量是26.3。

【例3】硝酸铜受热分解产生的混和气体与 H_2 的相对密度是多少？



混和气体中 NO_2 占 $\frac{4}{4+1} = \frac{4}{5}$ ， O_2 占 $\frac{1}{4+1} = \frac{1}{5}$ 。

$$\begin{aligned}\overline{M} &= M_{\text{NO}_2} \times \frac{4}{5} + M_{\text{O}_2} \times \frac{1}{5} \\ &= 46 \times \frac{4}{5} + 32 \times \frac{1}{5} \\ &= 43.2\end{aligned}$$

与 H_2 相对密度 = $43.2 \div 2 = 21.6$

答：加热硝酸铜产生的混和气体与 H_2 的相对密度是21.6。

四、求一定质量各气体混和后的平均分子量

求一定质量各种气体混和后的平均分子量，关键是要先求出这些组分气体的摩尔数，从而确定它们的摩尔分数。

【例1】把2克 H_2 、14克 CO 和3.4克 NH_3 混和，求混和气体的平均分子量。

【解】混和气体中 H_2 是 $2/2=1$ (摩尔)

CO 是 $14/28=0.5$ (摩尔)

NH_3 是 $3.4/17=0.2$ (摩尔)

$$H_2 \text{ 在混和气体中占 } \frac{1}{1+0.5+0.2} = \frac{10}{17}$$

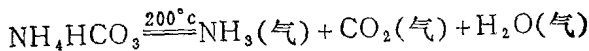
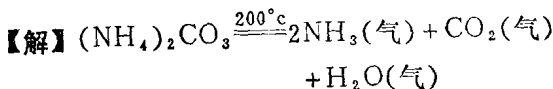
$$CO \text{ 在混和气体中占 } \frac{0.5}{1+0.5+0.2} = \frac{5}{17}$$

$$NH_3 \text{ 在混和气体中占 } \frac{0.2}{1+0.5+0.2} = \frac{2}{17}$$

$$\bar{M} = 2 \times \frac{10}{17} + 28 \times \frac{5}{17} + 17 \times \frac{2}{17} = 9.6$$

答：该混和气体平均分子量是9.6。

【例2】把含19.2克 $(NH_4)_2CO_3$ 和31.6克 NH_4HCO_3 的混和物加热到 $200^\circ C$ ，产生的混和气体平均分子量是多少？



$(NH_4)_2CO_3$ 共 $19.2/96=0.2$ (摩尔)

产生 NH_3 $0.2 \times 2 = 0.4$ (摩尔)

产生 CO_2 $0.2 \times 1 = 0.2$ (摩尔)

产生 H_2O $0.2 \times 1 = 0.2$ (摩尔)

NH_4HCO_3 共 $31.6/79=0.4$ (摩尔)

产生 NH_3 $0.4 \times 1=0.4$ (摩尔)

产生 CO_2 $0.4 \times 1=0.4$ (摩尔)

产生 H_2O $0.4 \times 1=0.4$ (摩尔)

混和气体中共有 NH_3 $0.4+0.4=0.8$ (摩尔)

共有 CO_2 $0.2+0.4=0.6$ (摩尔)

共有 H_2O $0.2+0.4=0.6$ (摩尔)

混和气体中 NH_3 占 $\frac{0.8}{0.8+0.6+0.6}=0.4$

CO_2 占 $\frac{0.6}{0.8+0.6+0.6}=0.3$

H_2O 占 $\frac{0.6}{0.8+0.6+0.6}=0.3$

$$\bar{M}=17 \times 0.4 + 44 \times 0.3 + 18 \times 0.3 = 25.4$$

答：混和物加热所得混和气体的平均分子量是23.4。

五、运用气体平均分子量的计算示例

混和气体的平均分子量在实际工作中有广泛的应用。就中学化学计算而言，主要涉及的是由混和气体的平均分子量确定气体的组成。

【例1】某混和气体由一种烷烃和丙烯混和组成，其平均分子量是21.2。求该混和气体由哪种烷烃和丙烯组成，各占多少？

【分析】混和气体的平均分子量是21.2，由于乙烷的分子量是30，丙烯的分子量是42，混和后平均分子量必定大于

30, 故混和气体中一定有甲烷(分子量16)。否则, 平均分子量不会在30以下。

【解】设混和气体中含甲烷为 x , 则含丙烯为 $(1-x)$ 。

$$\bar{M} = M_{\text{CH}_4} \times x + M_{\text{C}_3\text{H}_6} \times (1-x)$$

$$21.2 = 16x + 42(1-x)$$

解得 $x=0.8$

即 CH_4 占 $0.8/1=80\%$, C_3H_6 占 20% 。

答: 原混和气体由80%的甲烷和20%的丙烯混和组成。

【例2】把一定量的 NO_2 气体加入一密闭容器中, 发生了 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ 的反应并达到平衡。容器中混和气体的平均分子量是55.2。求 NO_2 的转化率是多少?

【解】设混和气体中 NO_2 为 x , 则 N_2O_4 为 $1-x$ 。

$$\bar{M} = M_{\text{NO}_2} \times x + M_{\text{N}_2\text{O}_4} \times (1-x)$$

$$55.2 = 46x + 92(1-x)$$

解得 $x=0.8$

混和气体中 NO_2 占0.8, N_2O_4 占 $1-0.8=0.2$ 。

转化成 N_2O_4 的 NO_2 应是 $0.2 \times 2 = 0.4$

原 NO_2 为 $0.8+0.4=1.2$

NO_2 的转化率是 $0.4/1.2=33.3\%$

答: NO_2 的转化率是33.3%。

【例3】相差1个碳原子的A、B两种烷烃, A分子量比B小, 它们的等摩尔混和物13.0克, 在 127°C 、1大气压时体积是6.56升。求A、B分别是什么烷烃。

【解】由 $PV = nRT$ ，混和气体共计 PV/RT (摩尔)

$$\text{即 } n = \frac{6.56 \times 1}{0.082 \times (273 + 127)} = 0.2 \text{ (摩尔)}$$

混和气体的平均摩尔质量是 $13.0/0.2 = 65$ (克/摩尔)
平均分子量是 65。

$$\text{由题意 } \bar{M} = M_A \times 50\% + M_B \times 50\%$$

令 M_A 为 x ，则 M_B 为 $x + 14$

$$65 = x \times 50\% + (x + 14) \times 50\%$$

$$\text{解得 } x = 58 \quad M_A = 58$$

$$x + 14 = 58 + 14 = 72 \quad M_B = 72$$

$$\text{由题意 } M_A = C_n H_{2n} + 2$$

$$58 = 12n + 2n + 2 \quad n = 4$$

$$M_B = C_{n'} H_{2n'} + 2$$

$$72 = 12n' + 2n' + 2 \quad n' = 5$$

即 A 是 C_4H_{10} ，B 是 C_5H_{12} 。

答：A 和 B 分别是 4 个碳原子及 5 个碳原子的烷烃。

【例4】把 3 摩尔 H_2 和 1 摩尔 N_2 混和置于一密闭容器中，发生了合成氨的反应，反应达平衡时，平均分子量是 9.44，求反应的 N_2 是多少？

【解】 $3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ 。设反应的 N_2 是 x 摩尔，反应的 H_2 是 $3x$ 摩尔，生成的 NH_3 是 $2x$ 摩尔。则平衡体系中含 N_2 是 $(1 - x)$ 摩尔，含 H_2 是 $(3 - 3x)$ 摩尔，含 NH_3 是 $2x$ 摩尔。

$$\text{平衡体系中含 } N_2 \frac{1 - x}{(1 - x) + (3 - 3x) + 2x} = \frac{1 - x}{4 - 2x}$$

$$\text{含 H}_2 \frac{3-3x}{(1-x)+(3-3x)+2x} = \frac{3-3x}{4-2x}$$

$$\text{含 NH}_3 \frac{2x}{(1-x)+(3-3x)+2x} = \frac{2x}{4-2x}$$

$$\bar{M} = 28 \times \frac{1-x}{4-2x} + 2 \times \frac{3-3x}{4-2x} + 17 \times \frac{2x}{4-2x} = 9.44$$

解得 $x=0.2$ (摩尔)

答: 反应的 N_2 是 0.2 摩尔。

单 元 练 习

1. 求由 2 升 N_2 、2 升 CO_2 和 8 升 O_2 组成的混和气体的平均分子量

2. 求由 5.6 克 N_2 、8.8 克 CO_2 、1.2 克 H_2 组成的混和气体的平均分子量。

3. 求在 200°C 时加热 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 产生的混和气体与 H_2 的相对密度。

4. 求加热分解 AgNO_3 产生的混和气体的平均分子量。

5. 由甲烷和乙烷组成的混和气体平均分子量是 23, 求其中甲烷的含量是多少?

6. 1 摩尔 CO_2 跟足量红热焦炭在密闭容器中发生:

$\text{C}(\text{固}) + \text{CO}_2(\text{气}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{气})$ 的反应并达平衡。测得混和气体的平均分子量是 38.7。求混和气体中 CO_2 和 CO 各几摩尔?