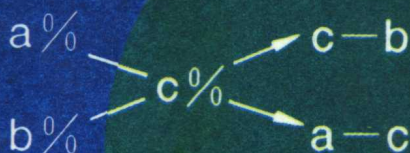


基础化学计算

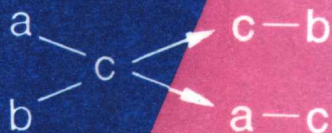
解题思路与技巧

中学版

简国材 编著 北京大学出版社



$$n_{H^+} = n_{OH}$$



基础化学计算 解题思路与技巧

• 中学版 •

简国材 编著

新登字(京)159号

基础化学计算解题思路与技巧

简国材 编著

责任编辑 李学范

北京

北 印

新华书店

*

850×1168毫米 32开本 6.125印张 150千字

1993年1月第一版 1993年1月第一次印刷

印数: 0001—11,000册

ISBN 7-301-02065-1/O·309

定价: 3.95元

前 言

为了帮助广大青年读者学好中学化学，我编写了这本《基础化学计算解题思路与技巧》。但愿这本书能成为青年的良师益友。

本书的选材，主要考虑到中学化学学习的需要。在“少”而“精”的基础上，编写时注意到与中学化学教材相结合，也注意了尽可能地扩大重点知识的覆盖面。

由于化学是一门精密的、“定量”的科学，所以编者在书中努力帮助读者从量的方面理解和深化概念，并帮助读者从量的方面考虑化学变化，更好地掌握物质性质及其变化的规律；力图通过本书帮助读者掌握解答化学计算题的方法和技能技巧，并使智力得到发展。

此外，本书根据现行中学化学教材编写（本书中使用的“化学式”相当于现行中学化学教材中的“分子式”，本书中使用的“式量”即为现行教材中的“分子量”），并尽量注意到推广和实施我国的法定计量单位。

希望本书受到广大读者欢迎，同时恳切期待得到专家、同行以及广大读者的指正。

编 者

目 录

绪 论	(1)
一、中学化学计算的基本类型	(1)
二、掌握中学化学计算的关键	(1)
第一章 根据化学式的计算	(3)
一、摩尔和有关摩尔的计算	(3)
摩尔(3) 有关摩尔的计算(5) 想一想或练一练(7)	
二、有关气体体积的计算	(8)
气体的摩尔体积(8) 气体体积和质量间的换算(11)	
标准状况下与非标准状况下气体体积的换算(12) 想一想或练一练(13)	
三、有关原子量的计算	(13)
根据原子的绝对质量求原子量(14) 根据同位素的含量求元素的平均原子量(14) 已知元素在化合物里的含量求原子量(16) 根据元素在元素周期表里的位置求原子量(17) 根据元素的化合价求原子量(18) 根据电化学知识求原子量(18) 想一想或练一练(19)	
四、根据化学式的计算	(20)
求物质的质量组成和百分组成(20) 求一定量化合物中所含某元素的质量(21) 想一想或练一练(23)	
第二章 有关溶液的计算	(25)
一、有关溶解度的计算	(25)
有关溶解度计算题中三种比较简单的类型(26) 温度改变导致溶解度变化的计算(27) 参考溶解度曲线解题(29) 想一想或练一练(30)	
二、有关质量百分比浓度的计算	(31)
溶质、溶剂和溶液百分比浓度间的计算(31) 浓溶液的	

稀释和稀溶液的加浓 (33)	想一想或练一练 (35)
三、有关摩尔浓度的计算.....	(37)
溶质、溶剂和溶液摩尔浓度间的计算 (38)	浓溶液的稀释和稀溶液的加浓 (39)
百分比浓度与摩尔浓度间的换算 (44)	想一想或练一练 (45)
四、有关电离度和离子浓度的计算.....	(46)
五、水的离子积和溶液的 pH 值.....	(47)
有关 $[H^+]$ 和 pH 值的计算 (48)	有关 $[OH^-]$ 和 pOH 值的计算 (50)
想一想或练一练 (52)	
小结	(52)
第三章 根据化学方程式的计算	(54)
根据化学方程式计算的基本步骤.....	(55)
一、反应物和生成物都是纯净物的计算.....	(55)
应用质量单位的计算 (55)	应用摩尔的计算 (55)
应用气体体积的计算 (56)	
二、有关纯度、利用率和产率的计算.....	(57)
想一想或练一练 (60)	
三、有关溶液浓度的一般计算.....	(61)
想一想或练一练 (64)	
四、多步反应.....	(66)
想一想或练一练 (69)	
五、有关反应物过量的计算.....	(70)
想一想或练一练 (75)	
六、有两个答案的计算题.....	(76)
想一想或练一练 (82)	
七、通过计算完成的化学方程式.....	(82)
想一想或练一练 (85)	
八、求混和物的组成.....	(86)
想一想或练一练 (105)	
九、无数据或缺少数据的计算题.....	(109)
等量法 (109)	假设法 (111)
想一想或练一练 (114)	
十、有关反应热的计算.....	(115)

书写热化学方程式 (116)	计算反应热 (116)	想一想 或练一练 (117)
十一、有关化学平衡的计算.....	(117)	
想一想或练一练 (119)		
第四章 求物质的化学式	(120)	
一、求物质的式量.....	(120)	
想一想或练一练 (122)		
二、求有机物的化学式.....	(122)	
想一想或练一练 (137)		
三、求无机物的化学式.....	(140)	
求原子量 (140)	求无机物的化学式 (145)	想一想或 练一练 (149)
综合练习及解答	(151)	
自我检查题	(171)	
选择题 (171)	填空题 (173)	
想一想或练一练的答案	(177)	
自我检查题的解题思路及答案	(182)	

绪 论

化学计算是化学基础知识的重要组成部分。通过化学计算，不仅可以从量的方面来理解和深化概念，进一步掌握元素及其化合物的性质和变化规律，而且能培养和提高逻辑思维能力，获得化学计算的技能和技巧。当前，化学科学正从定性描述向定量过渡和向推理发展，由宏观表象向微观结构深化。因此，对于中学生来讲，应该通过努力，掌握基础化学计算的技能技巧，并初步掌握推理的能力。

一、中学化学计算的基本类型

概括地讲，主要分为三大类：

1. 根据化学式进行计算和确定化学式(或原子量)的计算。
2. 有关溶液的计算。
3. 根据化学方程式的计算。

二、掌握中学化学计算的关键

1. 要准确而熟练地掌握化学概念，准确无误地写出所有有关反应的化学方程式。只有如此，才能思路清晰，正确推理。

2. 要熟练掌握化学计算原理。只有这样，才可以使化学计算科学、合理和简便。

3. 即使是同一道题，也要尽可能掌握不止一种解法。一题多解，可以广开思路，发展智力和提高对概念、知识、规律的理解和实际运用水平。

4. 要独立思考, 注意总结。

5. 要认真审题, 正确理解题意。在审题过程中, 包括阅读、思考和联想等阶段, 这不仅可以得到解答本题的途径, 而且可以深化和巩固所学化学知识, 培养和提高思维能力。

6. 对于复杂题型, 要努力将题目中所给条件(包括隐蔽的)全部找出来, 并找出其内在联系, 最后抓住解题关键。

7. 解题过程要层次分明。解题过程, 若能做到简明而有层次, 不仅可以训练逻辑思维能力、逻辑表达能力、思维的合理性和严密性, 减少错误或不出错误, 而且对读者的智力发展有良好的作用。

第一章 根据化学式的计算

化学式是用元素符号来表示物质分子^①组成的式子。化学式严格反映定组成定律。

定组成定律指出，任何纯净化合物均有固定不变的组成（或比例）。因此，化学式从量的方面体现了定组成定律。准确地讲，化学式反映了组成化合物中各种元素的原子个数比、质量比或质量百分含量等，这些数值均为一个固定不变的值，也是定组成的（定比的）。例如，氨的化学式 NH_3 表示氨由氮、氢两种元素组成，表示氨以及氮、氢元素的各种关系如下表：

化 学 式	NH_3
式 量	17
摩尔质量	17 克/摩
气体摩尔体积	22.4 升/摩
原子个数比	$\text{N}:\text{3H} = 1:3$
元素的质量比	$\text{N}:\text{3H} = 14:3$
元素的百分含量	$\text{N} \sim 82.4\% ; \text{H} \sim 17.6\%$

一、摩尔和有关摩尔的计算

● 摩 尔 ●

化学反应是按计量进行的。从宏观的角度看，参加反应的各物质是可称量的；从微观看，各物质间按一定的分子、原子或离

^① 离子化合物不存在分子，因此准确地讲，称为化学式更妥。化学式是化学符号的组合，用来表示各种化合物元素间的量的关系。

表1-1 本书用到的量的单位和国家标准

量的名称	符号	单位名称	符 号	备 注
质 量	m	千克, 吨	kg, t	本书一般用克
物质的量	n	摩[尔]	mol	
摩尔质量	M	千克每摩[尔]	kg/mol	本书采用克/摩
阿佛加德罗常数	N_A	每摩尔	mol ⁻¹	本书采用 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
气体的摩尔体积	V_m	立方米每摩尔	m ³ /mol	本书采用升/摩
体积或容积	V	立方米	m ³	本书采用升或毫升
密 度	ρ	千克每立方米 或千克/升	kg/m ³ 或 kg/L	本书采用克/升或 克/毫升
相对密度	d			此量是无量纲的
摩尔浓度	c	摩[尔]每立方米	mol/m ³	本书采用摩/升
物质B的摩尔浓度	c_B	同 上	mol/m ³	也可写成[B]
质子数或原子序数	Z			此量是无量纲的
中 子 数	N			同上
质 子 数	A			同上
电离度或转化率	α			同上
压力或压强	p	帕[斯卡]	Pa	
热或热量	Q	焦[尔]	J	
分子或其它基本单元数	N			此量是无量纲的
热力学温度	T	开[尔文]	K	

子个数比来进行反应,而这些微粒却又是难以称量而真实存在的个体,即使一滴水或一粒食盐所包含的结构微粒也多到不能一一计数,但它又是必须计数的。1971年,由41个国家参加的第14届国际计量大会决定采用“摩尔”作为计量物质的量的基本单位,

并确定以阿佛加德罗常数个结构微粒作为一个集合数为单位，即“物质的量”。

摩[尔]——这种单位只适用于分子、原子、离子、电子、质子、中子等微观粒子，任何物质中只要含有阿佛加德罗常数 (6.0220943×10^{23}) 个粒子，它的量就是 1 摩。例如 12 克 ^{12}C 就含有阿佛加德罗常数个 ^{12}C 原子，所以 12 克 ^{12}C 所含的原子个数就是 1 摩。

把摩[尔]应用到单质时，要注意到单原子分子和双原子分子的区别。例如，对于稀有气体来说，1 摩原子也就是 1 摩分子；但对氯来讲，1 摩氯原子的质量是 35.5 克，而 1 摩氯分子的质量则为 $(35.5 \times 2 =) 71$ 克。

● 有关摩[尔]的计算 ●

在这里，主要是讨论摩[尔]与普通质量单位（如克）之间的换算。

摩[尔]是物质的量的单位，与质量无关，但在引入摩尔质量 (M) 后，就象架起了一座桥梁，这个量沟通了物质的量与物质质量间的道路。如：

$$\text{物质的量}(n) = \frac{\text{物质的质量}(m)}{\text{摩尔质量}(M)}$$

并由此导出

$$m = nM \quad \text{以及} \quad M = \frac{m}{n} \text{①}$$

摩尔质量的单位是克/摩，数值上等于该种元素的原子量或该种物质的分子量。例如：1 摩氧原子含 6.02×10^{23} 个氧原子，质量为 16 克；1 摩氧分子含 6.02×10^{23} 个氧分子，质量为 32 克；分子、原子或离子的质量（克/个）= M/N_A 。

① 往往根据这个计算公式求物质的摩尔质量或式量。

【例 1】 19.6 克磷酸是几摩磷酸？含几摩氢原子？含多少个磷原子和多少个氧原子？

解 $n_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 19.6 \div 98 = 0.2$ (摩)

从磷酸的化学式 H_3PO_4 可以看到，每摩磷酸中含 3 摩氢原子、 6.02×10^{23} 个磷原子以及 $4 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个氧原子，所以，0.2 摩磷酸中含 0.6 摩氢原子， 1.204×10^{23} 个磷原子以及 4.81×10^{23} 个氧原子。

【例 2】 1 个钠离子的质量是多少克？

解 1 个钠离子的质量为 $[23 \div (6.02 \times 10^{23})] = 3.82 \times 10^{-23}$ 克。

【例 3】 如果硫的原子核外共有 0.80 摩电子，这些硫的质量为多少克？

解 $\because$ 每摩硫原子中有 16 摩电子

$$\therefore m_{\text{S}} = n_{\text{S}} \times 32 = \frac{0.8}{16} \times 32 = 1.6 \text{ (克)} \textcircled{1}$$

【例 4】 几克二氧化硫中所含的氧原子个数与 35.5 克五氧化二磷中所含的氧原子个数一样多？

思路分析 如果所含该种微粒的物质的量相同，则所含该种微粒的数目也相同。

解 $n_{\text{P}_2\text{O}_5} = 35.5 \div 142 = 0.25$ (摩)

$\therefore$ 每摩二氧化硫中含 2 摩氧原子和每摩五氧化二磷中含 5 摩氧原子

$\therefore n_{\text{SO}_2}$ 为 $(0.25 \times 5 \div 2) = 0.625$ 摩，也就是需要 $(0.625 \times 64 =) 40$ 克二氧化硫

① 为减少篇幅，均省去“答”的过程，且在许多计算过程中没写单位，请读者根据要求作答。此外，由于单位是概念的具体形象的表达形式，如果读者能准确给出各物理量的相关单位，并在运算过程中先对单位进行数学整理，最后必然会得到一个正确的答案。这样做不仅提高了解题的可靠程度，而且可通过运算，加深对概念的理解，有利于解决学习化学计算中的困难。因此，读者在运算过程中应该重视单位。

【例 5】 1 克氩气和 1 克二氧化硫相比较，哪一种物质含有较多的分子？

思路分析 根据 1 摩任何物质都含有相同数目分子的概念，可以知道物质的量较多者含有较多数目的分子。

$$\text{解 } n_{\text{Ar}} = 1 \div 40 = 0.025 \text{ (摩)}$$

$$n_{\text{SO}_2} = 1 \div 64 = 0.015625 \text{ (摩)}$$

$$\because 0.025 > 0.015625, \text{ 即 } n_{\text{Ar}} > n_{\text{SO}_2}$$

$\therefore$ 1 克氩气中所含的分子数较多

由本例可知，当物质的质量相同时，其摩尔质量较小者，物质的量必较多。

表1-2 本书接触到的元素及采用的原子量

元 素		原子量	元 素		原子量	元 素		原子量	元 素		原子量
符号	名称		符号	名称		符号	名称		符号	名称	
Ag	银	108	Cr	铬	52	K	钾	39	P	磷	31
Al	铝	27	Cu	铜	64	Li	锂	7	Pb	铅	207
Ar	氩	40	Cl	氯	35.5	Mg	镁	24	S	硫	32
Ba	钡	137	Fe	铁	56	Mn	锰	55	Si	硅	28
Be	铍	9	H	氢	1	N	氮	14	Sn	锡	119
Br	溴	80	He	氦	4	Na	钠	23	Zn	锌	65
C	碳	12	Hg	汞	201	Ne	氖	20			
Ca	钙	40	I	碘	127	O	氧	16			

● 想一想或练一练 ●

1. 质量相同的 Ne、N₂ 和 CO 的分子个数比是_____。
2. 等质量的氧气和臭氧(O₃)中，分子个数比是_____；原子个数比是_____。
3. 将 3.1 克氧化钠溶解在_____克蒸馏水中，可使每 100 个水分子中溶有 2 个钠离子。
4. 有两份质量相等的硫酸和亚硫酸，它们所含氢原子物

质的量之比为____；硫原子的个数比是____；氧元素的质量比是____。

二、有关气体体积的计算

●气体的摩尔体积●

在化学反应中，计量气体常用体积表示，这是由于测定气体体积比称量其质量更为方便，因此必须研究气体的质量及其体积的关系。

一定量气体的体积与它所处的温度、压强等外界条件有关，温度越高，其体积越大；压强越大，其体积越小。因此，要比较一定量气体体积的大小，必须在同温、同压的条件下进行。通常采用的条件是 0°C 和压强为 1.01×10^5 帕，这种条件叫做标准状况或标准状态，常用 STP 或 NTP 代表。

在标准状况下，每升气体的质量(克)，叫做气体的密度(ρ)，单位是克/升。式量不同的气体，密度各不相同。例如，氢气是 0.0893 克/升；氧气是 1.429 克/升；氮气是 1.250 克/升。

经过大量实验测定和计算，证明在标准状况下，1 摩任何气体(包括混和气体)的体积都约等于 22.4 升。这个体积叫做气体的摩尔体积，单位是升/摩，量符号为 V_m 。如

$$V_m = \frac{V}{n} \quad \text{或} \quad V = nV_m \quad \text{和} \quad n = \frac{V}{V_m}$$

有了气体的摩尔体积这个常数，当我们测得某气体在标准状况下的密度^①时，就可以根据

$$M = \rho V_m$$

而求得该种物质的摩尔质量和式量。

① 一般是先测得气体于非标准状况下的密度，再根据气态方程换算为标准状况下的密度。

【例 6】 经实验测得，0.715 克二氧化硫在标准状况下的体积是 250 毫升。求二氧化硫的式量。

解 依题意， ρ_{SO_2} 是 0.715 克/0.25 升，所以

$$M_{\text{SO}_2} = \rho_{\text{SO}_2} \times V_m = \frac{0.715}{0.25} \times 22.4 = 64 (\text{克/摩})$$

二氧化硫的式量是 64。

同样，有了气体的摩尔体积这个常数，气体密度的数值也不必死记了。将气体的摩尔质量除以 22.4 升/摩，就可以求得气体密度。例如，因为空气的平均式量约为 29，所以在标准状况下，空气的密度约等于 $(29 \div 22.4) = 1.29$ 克/升。

混和气体的平均式量($\bar{M}$)是根据各组分气体的摩尔百分含量(即体积百分含量)和摩尔质量计算出来的平均值。

【例 7】 若测得空气中各气体的摩尔百分含量为：氧气占 21%，氮气占 78%，氩气占 1%。求空气的平均式量。

解 $\bar{M} = 32 \times 21\% + 28 \times 78\% + 40 \times 1\% = 29$

根据阿佛加德罗定律，在同温、同压下，同体积的任何气体含有相同的分子数，物质的量自然也相同，也就是“五同”。如果在同温、同压下，同体积的 A、B 气体的质量分别为 m_A 和 m_B (各为 n 摩)，其式量分别为 M_A 和 M_B ，密度分别为 ρ_A 和 ρ_B ，则有下列关系

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{\frac{m_A}{V}}{\frac{m_B}{V}} = \frac{m_A}{m_B} = \frac{nM_A}{nM_B} = \frac{M_A}{M_B}$$

ρ_A/ρ_B 即为气体 A 对气体 B 的相对密度(d_B)。由此可知，可由相对密度求气体的式量。

由于空气的平均式量为 29，所以凡是式量大于 29 的气体的密度，必然大于同温、同压下空气的密度。

【例 8】 在某相同条件下，气体 A 对氮气的相对密度为 7。求 A 的式量。

解 $M_A = 4 \times 7 = 28$

【例9】在2升密闭容器中，加热9.6克碳酸铵。在200℃时，容器内混和气体的密度、对氢气的相对密度和式量各是多少？

解 根据 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \xrightarrow{200^\circ\text{C}} 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow$ ，可知产物全部是气体，所以该混和气体的密度为 $(9.6 \div 2) = 4.8$ 克/升，

$$\bar{M} = \frac{17 \times 2 + 18 \times 1 + 44 \times 1}{2 + 1 + 1} = 24$$

$$d_{\text{H}_2} = \frac{\bar{M}}{M_{\text{H}_2}} = \frac{24}{2} = 12$$

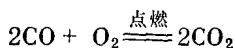
【例10】在标准状况下，在一个容积为600毫升的容器里充满一氧化碳、甲烷和氧气的混和气体(三种气体的体积比为2:1:3)，点火爆炸后，容器内只余下水和二氧化碳。恢复至0℃时，容器内的压强为反应前的百分之几？

解 $V_{\text{CO}} = 600 \times \frac{2}{2+1+3} = 200$ (毫升)

$$V_{\text{O}_2} = 600 \times \frac{3}{2+1+3} = 300$$
 (毫升)

$$V_{\text{CH}_4} = 600 - 200 - 300 = 100$$
 (毫升)

根据同温、同压下，气体的体积比等于物质的量之比，则



体积比	2	1	2
体积(毫升)	200	100	200



体积比	1	2	1
体积(毫升)	100	200	100