

无机化学例题 与习题

〔日〕宫崎正藏 著
王秉济 等译

人民教育出版社

无机化学例题与习题

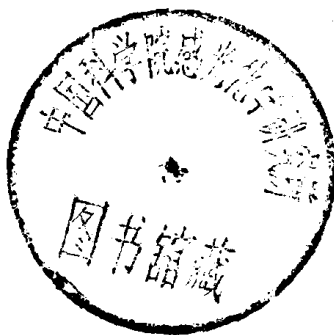
[日] 宫崎正藏 著

王秉济 印聿德 译

钮雪芬 李梅君

郑 录 校

162/105



人民教育出版社

無機化學演習

宮崎正藏

槇書店, 東京, 1976年5月一版十二刷

无机化学例题与习题

〔日〕宫崎正藏 著

王秉济 印聿德

钮雪芬 李梅君 译

郑录 校

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

安徽新华印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 13 字数 313,000

1980年5月第1版 1980年12月第1次印刷

印数 00,001—55,300

书号 13012·0468 定价 0.94元

译者的话

本书是按无机化学系统编写的，第一至五章是理论部分，第六至二十二章是叙述部分，叙述部分按族分章。在各章中都对无机化学的主要概念和基本理论作了扼要的叙述，列举了大量的无机化学例题并进行了详细解答。例题中有不少是涉及分析化学的题目。不少章的后面都附有较多数量的习题，并有解题方法的提示和答案。书中还注意到将例题和习题的内容与科研和生产的实际联系起来，内容广泛而易懂。

本书可供大专院校学生在学习无机化学或普通化学乃至分析化学时参考。对于中学化学教师和从事化工生产的同志也有一定的参考价值。

译者改正了原书中某些明显的错误和欠妥之处，一般未加注明。对原书中某些与我国习惯不同的提法和名词，译者也作了一些修改，以利于读者阅读。由于译校者水平的限制，缺点和错误在所难免，请读者批评指正。

在本书的翻译过程中，曾得到上海化工学院无机化学教研组的支持，译者在此谨表谢意。

1979年6月

序 言

本书是为理工科大学学生编写的无机化学例题与习题书。全书共二十二章，内容互相有联系，按无机化学体系编写而成。每章之初，先介绍无机化学的基本概念。把中和反应、氧化还原反应应用于定量分析，并对重量分析等如何从物理化学的观点处理其理论和应用方面的问题，加以阐述。进一步对金属、非金属元素及其化合物，分别以总论和各论的形式进行了详细的讨论。

编写的形式是在每章开始先对总的性质和基本概念作扼要的叙述，然后再将与本章有关的重要问题用习题的方式提出来。习题附有解题的提示和答案，以便帮助理解习题的内容。

对于学习无机化学的学生来说，若将本书置于座右并结合大学课程进度来学习的话，不仅能够更好地理解大学课程的内容，而且肯定能够培养应用无机化学知识的能力。此外，对社会上各方面的人们来说，在目前各界迫切要求了解无机化学知识的情况下，本书将实际生活中常见的一些化学问题作为例题来演算和讲解，这将会使采用本书的广大读者得到很大的益处，这是著者所期待的。

本书可作为大学学生学习无机化学时的辅助材料，也可作为研究常见的化学变化的参考书。如果能够达到这个目的并取得满意的效果，这将使著者感到莫大的喜悦。

著 者

1960年8月30日

目 录

第一章 基本概念	1
1.1 元素的当量、原子价、原子量	1
1.2 实验式	8
1.3 分子量和分子式	10
1.4 化学方程式	14
1.5 氧化与还原	18
氧化-还原习题	21
第二章 溶液浓度的表示方法	23
2.1 重量百分浓度	23
2.2 摩尔浓度和重量摩尔浓度	26
2.3 摩尔分数	29
2.4 酸、碱的当量浓度	31
2.5 氧化剂、还原剂的当量浓度	36
第三章 中和滴定	42
3.1 中和公式	42
3.2 酸、碱指示剂	48
3.3 氢离子指数 pH	54
3.4 $[H^+]$ 的求法和中和滴定曲线	57
3.5 指示剂的变色范围	72
3.6 缓冲溶液	75
第四章 氧化还原滴定法	79
4.1 氧化还原电位	79
4.2 氧化还原滴定	91
第五章 沉淀滴定法	100

5.1	沉淀的生成	100
5.2	络离子	110
5.3	重量分析	113
5.4	沉淀滴定	119
第六章	金属元素及其性质	124
6.1	金属的化学作用和离子化倾向	124
6.2	金属的离子化倾向和电溶压	126
6.3	分解电压	129
6.4	金属与氧的反应	133
6.5	金属氧化物的制法	136
6.6	金属与水的反应	141
6.7	金属与酸的反应	142
6.8	金属元素及其性质	144
6.9	金属氢氧化物	147
6.10	氰络盐	153
6.11	金属的冶炼	155
6.12	金属盐的溶解度	159
第七章	碱金属	161
7.1	碱金属及其氧化物	161
7.2	碱金属的盐类	166
7.3	铵的化合物	172
	碱金属的习题	174
第八章	碱土金属及其化合物	178
8.1	碱土金属	178
8.2	碱土金属的氧化物和氢氧化物	180
8.3	碱土金属的盐类	183
	碱土金属及其化合物的习题	186
第九章	镁族金属及其化合物	189
9.1	镁族金属	189

9·2	镁族金属的化合物	192
	镁族金属及其化合物的习题	194
第十章	铝族金属及其化合物	197
10·1	铝族金属	197
10·2	铝的化合物	199
	铝族金属及其化合物的习题	201
第十一章	锡族金属及其化合物	203
11·1	锡和铅的化合物	207
	锡族金属及其化合物的习题	212
第十二章	铁族金属及其化合物	216
12·1	铁族金属	216
12·2	铁的化合物	221
12·3	钴、镍的化合物	224
	铁族金属及其化合物的习题	228
第十三章	锰族元素及其化合物	230
13·1	金属锰	230
13·2	锰的化合物	231
	锰族元素及其化合物的习题	235
第十四章	铬族元素及其化合物	238
14·1	金属铬及其化合物	240
14·2	钼、钨、铀金属及其化合物	244
第十五章	贵金属及其化合物	247
15·1	铜及其化合物	247
15·2	银及其化合物	252
15·3	金及其化合物	255
15·4	汞及其化合物	257
第十六章	铂族元素及其化合物	262
第十七章	金属离子的性质(离子的鉴定)	265

17·1	第1组离子的鉴定	265
17·2	第2组离子的鉴定	267
17·3	第3组离子的鉴定	270
17·4	第4组离子的鉴定	273
17·5	第5组离子的鉴定	274
第十八章	卤素及其化合物	276
18·1	卤素	276
18·2	卤化氢	282
18·3	卤素的氧化物及其含氧酸	287
	第十八章习题	292
第十九章	硫族元素及其化合物	298
19·1	氧	299
19·2	臭氧	303
19·3	水	305
19·4	过氧化氢	309
19·5	硫	312
19·6	硫化氢	313
19·7	硫、卤素及碳的化合物	317
19·8	硫的氧化物	318
19·9	硫的含氧酸	321
19·10	硒和碲	329
	第十九章习题	331
第二十章	氮族元素及其化合物	336
20·1	氮	337
20·2	氮的氢化物	338
20·3	氮的氧化物	344
20·4	氮的含氧酸	347
20·5	磷及其化合物	350
20·6	砷及砷化合物	361

20·7 铋及其化合物	364
20·8 铋及其化合物	367
第二十章习题	369
第二十一章 碳族元素及其化合物	375
21·1 碳及其氧化物	375
21·2 碳化物	381
21·3 硅、二氧化硅、硅酸及硅酸盐	383
第二十二章 硼及其化合物	390
第二十一、二十二章习题	394
索引	398

第一章 基本概念

1.1 元素的当量、原子价、原子量

与 8 份重量的氧(原子量的 1/2) 相化合的某元素的重量叫做该元素的当量, 元素与元素化合时彼此按 1:1 的当量比相化合。元素的当量和原子价、原子量之间具有如下的关系:

$$\text{原子量} = \text{原子价} \times \text{当量}$$

元素的原子量是以氧元素的重量 16 为标准的相对重量。确定原子量的方法有坎尼札罗(Cannizzaro)法, 杜隆-柏替(Dulong-Petit)法则的应用, 迈次彻利奇(Mitscherlich)同形法则的应用和利用实验测得的气体的恒压比热 C_p 和恒容比热 C_v 之比 γ ($\gamma = C_p/C_v$) 定出构成分子的原子数目, 从而确定原子量的方法等。

精确的原子量是由精确求出的元素的当量乘以原子价而计算出来的。

坎尼札罗 (Cannizzaro) 方法: 如在多种化合物中同时含有同一元素要确定其原子量时, 可分别求出(分子量) \times (该元素的百分含量), 再求出它们的最大公约数, 这个最大公约数就是该元素的原子量。

杜隆-柏替(Dulong-Petit)法则:

$$(\text{固体元素的原子量}) \times (\text{比热}) = 6.4$$

用这种方法估算原子量的时候, 对于原子量小的元素所求得原子量的数值误差较大。

迈次彻利奇 (Mitscherlich) 的同形法则: 同晶化合物其化学结构也相同。因而, 在彼此互为同形晶体的化合物中, 只要详细地

1104299

• 1 •

知道其中一种化合物的结构,那么,其它化合物的结构也就能够知道,从而就能够求出其组成中某元素的原子量。

利用气体比热比 γ 的方法: 由实验测得的 γ 值如果为 1.67 时,是单原子分子,如果为 1.40,则为双原子分子,如为 1.33,则是多原子分子。因此,对于气体单质,根据:

$$\text{分子量/原子数} = \text{原子量}$$

的关系,如知道了 1 个分子中的原子数,再用适当的方法求出其分子量,就能够确定原子量。

例 1 用氢还原 1.64g 黑色的氧化铜得到铜 1.31g。铜的当量是多少?

解: 与 1.31g 铜化合的氧重: $1.64 - 1.31 = 0.33 \text{ g}$

因此,铜的当量是: $8 \times 1.31 / 0.33 = 31.76$

例 2 将 24.930 g 铅溶于硝酸中,生成硝酸铅,再将其加热变成氧化铅,得到的氧化铅重为 26.855 g。求铅的原子量是多少?

解: 由于 $\text{Pb}(24.930) \rightarrow \text{PbO}(26.855)$ 。所以,氧化铅中氧的重量是 $26.855 - 24.930 = 1.925 \text{ g}$, 因此

铅的当量为: $(24.930 / 1.925) \times 8 = 103.6$

铅的原子量为: $103.6 \times 2 = 207.2$

例 3 分析 3 价铁的氧化物得 $\text{O} = 30.06\%$, $\text{Fe} = 69.94\%$ 。铁的原子量是多少?

解: 铁的当量 = $(0.6994 / 0.3006) \times 8 = 18.61$

铁的原子量 = $18.61 \times 3 = 55.83$

例 4 铁的比热是 0.112, 问铁的原子量约为多少?

解: $6.4 / 0.112 = 57.15$

例 5 下表中列出各种碳的化合物的组成, 求碳、氢、氧的原子量?

物 质	近似的分子量	1 分子量中含元素的量		
		碳	氢	氧
甲烷	16	12	4	—
乙炔	26	24	2	—
一氧化碳	28	12	—	16
二氧化碳	44	12	—	32
乙醚	74	48	10	16
苯	78	72	6	—

解：根据此表求原子量，由于碳的最大公约数为 12，所以原子量为 12。

同理，氢为 2、氧为 16。氢的原子量是 1，但求得的是 2，这是因为所分析的物质种数太少所致，如果所分析的化合物种类再多些，就可以求得氢原子量为 1。在应用坎尼札罗(Cannizzaro)方法计算原子量时，这是应该注意的问题。

例 6 硫酸钾和硒酸钾具有同形的晶体结构，另外，硒酸钾的组成如下：K: 35.36%，Se: 35.70%，O: 28.94%，求 Se 的原子量为多少？

解：因为硫酸钾的分子式为 K_2SO_4 ，所以根据同形法则，硒酸钾的分子式应为 K_2SeO_4 。若设 Se 的原子量为 x ，则：

$$Se/4O = x / (16 \times 4) = 35.70 / 28.94$$

$$x = 78.96, \text{ 即 Se 的原子量为 } 78.96$$

例 7 某元素的三种化合物的蒸气对于氢的相对比重分别为 45、70 和 20，各化合物中该元素的百分含量分别为 22.22、42.86 和 40.0。问该元素的原子量为多少？

解：各化合物中所含该元素的量分别如下：

$$2 \times 45 \times 22.22 / 100$$

$$2 \times 70 \times 42.86/100$$

$$2 \times 20 \times 40.0/100$$

因此,这三个数的最大公约数就是原子量,即为 20。

例 8 将某金属的氯化物 0.3501 g 溶于水中,在此溶液中加入过量的硝酸银生成氯化银沉淀,如把此沉淀收集、干燥、并称重为 0.8586 g,求该金属的当量? (Ag: 107.9, Cl: 35.46)

解: 在所生成的 AgCl 中 Cl 的量为:

$$\{35.46/(107.9+35.46)\} \times 0.8586 = 0.2123 \text{ g}$$

因此,在 0.3501 g 金属氯化物中也有 0.2123 g Cl。该金属的量是:

$$0.3510 - 0.2123 = 0.1378 \text{ g}$$

因为氯的当量是 35.5,所以该金属的当量是:

$$0.1378 \times 35.46/0.2133 = 23.01$$

例 9 分析氯化钙,已知 Cl 和 Ca 是以 35.46:20 相化合,另外,测得 Ca 的比热是 0.17。问 Ca 的原子量是多少?

解: 因为 Ca 的当量是 20,所以原子量是 $20 \times n$ 。

根据杜隆-柏替法则, Ca 的近似原子量为 $6.4/0.17 = 37.65$ 。

比较这两个值知道 $n=2$,所以 Ca 的精确的原子量是:

$$20 \times 2 = 40$$

例 10 某元素的当量为 13.16,且该元素能生成氧化物,此氧化物遇 KOH 能生成与 K_2SO_4 同形的盐。求该元素的原子量?

解: 设该元素为 X,根据同形法则其盐为 K_2XO_4 ,因此其氧化物为 XO_3 ,其中 X 的化合价为 6,故求得其原子量为:

$$6 \times 13.16 = 78.96$$

例 11 为了使某 2 价金属氢氧化物溶解,使用了 25% 的盐酸溶液,其溶液的重量是该金属氢氧化物的 3 倍。该金属的原子量为多少?

解: 设该金属为 M,则其氢氧化物为 $M(OH)_2$,所以它与盐酸

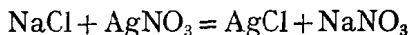
的反应是按 $M(\text{OH})_2:2\text{HCl}$ 的比例进行, 故得下式:

$$(x + 17 \times 2) : 2 \times 36.5 = 1 : (3 \times 25/100)$$

$$x = 63.3$$

例 12 将 10.0000 g NaCl 溶解并加入 AgNO_3 溶液, 使氯完全沉淀时需要 $\text{Ag}(\text{AgNO}_3 \text{ 中的 } \text{Ag}) 18.4535 \text{ g}$ 。求 Na 的原子量?

解: 加入 AgNO_3 后有下列反应:



因而, NaCl 中 Cl 的量为:

$$18.4535 \times (35.46/107.88) = 6.0657 \text{ g}$$

NaCl 中 Na 的量为:

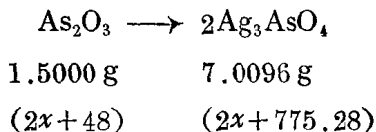
$$10.0000 - 6.0657 = 3.9343 \text{ g}$$

因此, Na 的原子量是:

$$(35.46 \times 3.9343) / 6.0657 = 23.00$$

例 13 若将 1.5000 g As_2O_3 变成 Ag_3AsO_4 , 其重量为 7.0096 g, 如已知 As 以外的其它元素的原子量。求 As 的原子量?

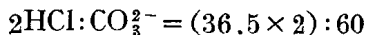
解: 据题意有如下关系:



所以从 $1.5000/7.0096 = (2x + 48) / (2x + 775.28)$ 求得 x , $x = 75.01$, 即为 As 的原子量。

例 14 若将某 2 价金属的碳酸盐 2.1 g 溶解于 10% 的盐酸中, 需 10% 的盐酸 18.25 g。该金属的原子量是多少?

解: 形成的碳酸盐和氯化物分别为 MCO_3 和 MCl_2 , 那么同该金属量相当的盐酸和碳酸根之比是:



因此, 同 1.825 g 盐酸 (将 10% 的换算成 100% 的盐酸) 相当的

CO_3^{2-} 的量是:

$$\{1.825/(36.5 \times 2)\} \times 60 = 1.50 \text{ g}$$

即在 2.1 g MCO_3 中, $\text{M}:\text{CO}_3^{2-} = 0.6:1.5$ 。由于, 同 CO_3^{2-} 相当的数量, 就是该元素的原子量, 则

$$1.5:0.6 = 60:x$$

$$x = 24$$

例 15 从下面的实验结果, 求钾、氯、银的当量?

(1) 由 86.50 g KClO_3 可得到 52.61 g KCl ;

(2) 为了使溶于 HNO_3 中的 10.78 g Ag 完全沉淀, 需要加入 7.450 g KCl ;

(3) 由 91.46 g Ag 能够得到 121.5 g AgCl 。

解: (1) $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl}$ (2) $\text{Ag} \rightarrow \text{KCl}$ (3) $\text{Ag} \rightarrow \text{AgCl}$

$$86.50 \quad 52.61 \quad 10.78 \quad 7.450 \quad 91.46 \quad 121.5$$

现用各元素的符号表示其当量, 则有下列关系:

$$\frac{[\text{K}] + [\text{Cl}] + 48}{[\text{K}] + [\text{Cl}]} = \frac{86.50}{52.61}$$

$$\frac{[\text{Ag}]}{[\text{K}] + [\text{Cl}]} = \frac{10.78}{7.450}$$

$$\frac{[\text{Ag}]}{[\text{Ag}] + [\text{Cl}]} = \frac{91.46}{121.5}$$

解这些式子得: $[\text{Ag}] = 107.8$, $[\text{K}] = 39.10$, $[\text{Cl}] = 35.40$ 。

例 16 氯的恒容、恒压比热分别是 0.082, 0.115。在标准状态下, 1 升氯的重量为 3.151 g。求氯的原子量?

解: 氯的分子量为: $3.151 \times 22.4 = 70.6$

又 $\gamma = C_p/C_v = 0.115/0.082$

因为 $\gamma = 1.40$, 则氯为双原子分子, 因而氯的原子量为

$$70.6/2 = 35.3$$

例 17 金属 X 生成的氰基络盐与赤血盐 $[\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 同形,且各络盐的组成如下所示:

$$\text{K} = 36.71, \quad \text{X} = 16.29, \quad \text{C} = 22.54, \quad \text{N} = 24.46$$

$$\text{K} = 35.57, \quad \text{Fe} = 16.97, \quad \text{C} = 21.89, \quad \text{N} = 25.57$$

问 X 的原子量为多少?

解: 由于和 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 是同形结晶,所以金属 X 的络盐的分子式是 $\text{K}_3\text{X}(\text{CN})_6$ 。与 1g $[\text{K}_3 + (\text{CN})_6]$ 相结合的 Fe 和 X 的量:

$$\text{Fe}: 16.97/83.03 = 0.2044$$

$$\text{X}: 16.29/83.71 = 0.1946$$

因为上值之比应该等于 Fe 和 X 的原子量之比:

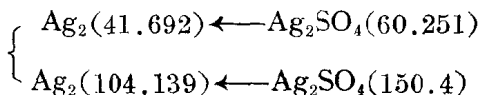
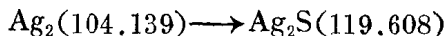
$$0.2044/0.1946 = 55.84/\text{X}$$

所以, X 的原子量是:

$$\text{X} = 53.18$$

例 18 由 104.139g 银得到 119.608g 硫化银; 另外, 由 60.251g 硫酸银得到 41.692g 银。问银和硫的原子量为多少?

解: 这时的反应是:



若比较两式可知 $(150.4 - 119.608) = 30.792\text{g}$ 相当于 O_4 的重量。因此得: $30.792:64 = 104.139:\text{Ag}_2$, 则

$$\text{Ag}_2 = 216.4, \quad \text{Ag} = 108.2$$

例 19 某金属的比热是 0.11, 其氧化物中含有 30.06% 的氧。求该金属的原子量?

$$\text{解: 金属的当量} = (69.94/30.06) \times 8 = 18.61$$

$$\text{原子量的近似值} = 6.4/0.11 = 58.2$$