

3	4	5	6	7	0
---	---	---	---	---	---

高级化学 习题解析

									He
			B	C	N	O	F		Ne
			Al	Si	P	S	Cl		Ar
59	64	69	70	73	75	79	80	84	
Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
78	79	81	81	82	83	84	85	86	
90	96	101	115	119	122	128	127	131	
Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
47	48	49	50	51	52	53	54	54	
195	197	201	204	207	209	210	210	222	
Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
78	79	80	81	82	83	84	85	86	



159	162	165	167	169	173	175	
Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
65	66	67	68	69	70	71	
242	244	251	254	257	261	262	
Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
97	98	99	100	101	102	103	

湖南人民出版社

高级化学习题解析

沙 默 译

*

湖南人民出版社出版

湖南省新华书店发行

湖南省新生印刷厂印刷

*

1979年9月第1版第1次印刷

字数: 113,000 印数: 1—60,000册 印张: 5.625

统一书号: 13109·52 定价: 0.40元

译 者 的 话

英国A·霍尔德内斯和J·兰伯特合著的《高级化学习题解析》于1972年出版，重版过6次。这个译本是根据1976年重印本翻译的。

书中扼要地讨论了无机化学、分析化学和物理化学等方面的计算方法。计算中采用了‘SI’单位制，并以摩尔作为物质的量单位。

全书共16章，每章均由理论、例题及习题三部分组成。理论要点突出，例题及习题均以实验为基础拟出，内容较丰富，可供高等学校学生，中学化学教师 and 高中毕业班学生参考。

一九七九年一月

目 录

1. 酸碱滴定法	(1)
2. 氧化还原滴定法	(16)
3. 硝酸银滴定法	(35)
4. 重量分析	(42)
5. 稀溶液之依数性(溶质不离解不缔合)	(46)
6. 稀溶液之依数性(溶质离解、缔合)	(63)
7. 由相对蒸气密度及其它方法求原子量和分子量	(70)
8. 热力离解作用	(83)
9. 能学	(88)
10. 分配系数	(102)
11. 电解	(109)
12. 化学平衡	(114)
13. 烃与氧混合爆炸, 确定烃的化学式	(134)
14. 有机化合物的化学式	(137)
15. 气体分析	(147)
16. 综合习题	(151)
计算题答案	(164)
对数表	(171)
近似原子量表	(173)

1

酸碱滴定法

理 论

滴定分析是一种定量分析方法。这种方法涉及到完全起反应的溶液体积的实验测定。

溶液的浓度通常以每升溶液中含溶质的克数(g/dm^3)，或每升溶液中含溶质的摩尔数(mol/dm^3)来表示。

以摩尔/升(mol/dm^3)表示的溶液浓度叫摩尔浓度。

就氢氧化钠而言

$$1\text{摩尔NaOH} = 23 + 16 + 1 = 40(\text{克})$$

1000毫升(1000cm^3)溶液中含40克NaOH的溶液称为摩尔溶液或1M溶液。

1000毫升溶液中含20克NaOH的溶液称为 $\frac{1}{2}$ 摩尔溶液或0.5M溶液。

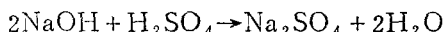
1000毫升溶液中含4克NaOH的溶液称为 $\frac{1}{10}$ 摩尔溶液或0.1M溶液。

用摩尔浓度时须知以下两种关系：

$$\text{摩尔数} = \frac{\text{物质质量(克)}}{1 \text{ 摩尔物质的质量(克)}}$$

摩尔浓度 = 1dm^3 溶液中物质的摩尔数

用滴定法测定溶液浓度时，必须知道有关平衡的化学方程式。根据它可得出物质相互反应时摩尔数比。例如：

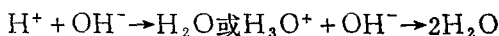


这就是说，只要氢氧化钠与硫酸反应完全，氢氧化钠的摩尔数总是硫酸摩尔数的两倍。由方程式得出的摩尔数比是一切计算的基础。

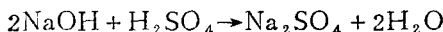
酸与碱

酸碱之间的反应特别适用于滴定分析，因反应快、进行得完全，且容易检查反应是否已进行完全。

一切酸碱之间的反应都可表示如下：



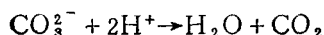
即 1 摩尔 H^+ 离子总是与 1 摩尔 OH^- 离子化合。如果每摩尔酸中含有 2 摩尔 H^+ 离子（如 H_2SO_4 ）的酸与每摩尔碱中含有 1 摩尔 OH^- 离子的碱反应，则 1 摩尔此酸要与 2 摩尔此碱才能反应完全。从以下完整的方程式中可得到同样正确的结论。



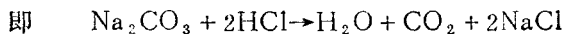
此处 NaOH 与 H_2SO_4 之摩尔比为 2:1

酸与碳酸盐

碳酸盐与酸的反应可表示如下：



该方程式表明, 1摩尔 CO_3^{2-} 离子总是与 2 摩尔 H^+ 离子反应。因此, 一元酸(如 HCl)与碳酸盐反应时, 每摩尔碳酸盐需 2 摩尔酸与之反应。



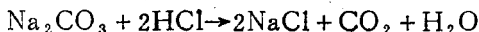
此处 HCl 与 Na_2CO_3 之摩尔数比为2:1。

例 题

1. 将 1.400 克纯无水碳酸钠制成 250cm^3 水溶液, 此溶液 25.0cm^3 恰好与某盐酸试样 24.50cm^3 完全反应。试计算盐酸的摩尔浓度和以 g/dm^3 表示的浓度。若取此盐酸 920cm^3 , 需加水多少可使其浓度恰为 0.1000M ?

($\text{Na} = 23$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$, $\text{H} = 1$, $\text{Cl} = 35.5$)

解 盐酸与碳酸钠反应的化学方程式是:



即 2 摩尔 HCl 与 1 摩尔 Na_2CO_3 反应

1 摩尔 Na_2CO_3 质量是106克

$$25\text{cm}^3 \text{ 溶液中 } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 的摩尔数} = \frac{1.400}{10} \times \frac{1}{106}$$

$$= 0.001321$$

$$24.5\text{cm}^3 \text{ 溶液中 } \text{HCl} \text{ 的摩尔数} = 0.001321 \times 2$$

$$= 0.002642$$

1000cm^3 中的摩尔数即 HCl 摩尔浓度

$$= 0.002642 \times \frac{1000}{24.50}$$

$$= 0.1077M$$

1 摩尔HCl质量是36.5克

$$\begin{aligned}\text{HCl溶液的浓度} &= 0.1077 \times 36.5 \text{g/dm}^3 \\ &= 3.93 \text{g/dm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}920\text{cm}^3\text{中HCl的摩尔数} &= 0.1077 \times \frac{920}{1000} \\ &= 0.0991\end{aligned}$$

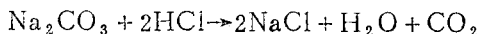
当溶液被稀释至0.1000M时，其中仍含有相同摩尔数的HCl。但1000cm³、0.1000M溶液中含HCl 0.1000摩尔，因此

$$\frac{1000}{0.1000} \times 0.0991 \text{cm}^3 \text{中的摩尔数为} 0.0991。$$

今991cm³、0.1M的盐酸与920cm³、0.1077M的盐酸中含有相同摩尔数的HCl，因此，在920cm³、0.1077M的盐酸中加蒸馏水71cm³即成为0.1000M的盐酸溶液。

2. 将3.00克碳酸钠与氯化钠的混合物制成250cm³水溶液。25.0cm³此溶液与21.00cm³、0.1050M盐酸完全反应（以甲基橙为指示剂）。试计算混合物中氯化钠的质量百分比。（Na = 23, C = 12, O = 16）

解：滴定中氯化钠无变化，碳酸钠按下式反应：



由方程式可知：

2 摩尔HCl与1 摩尔Na₂CO₃反应，或

1 摩尔HCl与0.5摩尔 Na₂CO₃（= $\frac{106}{2}$ = 53克）反应，即：

1000cm³、1M HCl 与53克Na₂CO₃反应

21.00cm³、0.1050M HCl则与 $53 \times \frac{21.00}{1000} \times 0.1050$ 克

Na₂CO₃反应

此即 25cm³中碳酸钠的质量，因此 250cm³中碳酸钠 的 质
量是 $\frac{53 \times 21.00 \times 0.1050 \times 10}{1000}$ 克

故碳酸钠的质量百分比为：

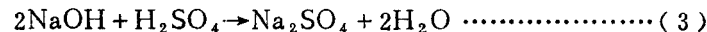
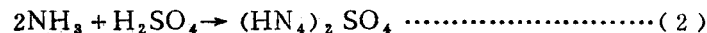
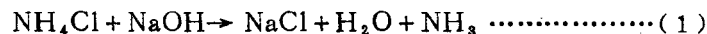
$$53 \times \frac{21.00}{1000} \times 1.1050 \times 10 \times \frac{100}{3.00} = 38.95\%$$

氯化钠的质量百分比则为：

$$100\% - 38.95\% = 61.05\%$$

3.1.340克氯化铵样品与过量的氢氧化钠溶液共热至沸腾。
生成的氨用 50.0cm³、0.5M的硫酸吸收，并用蒸馏水 稀 释 至
250cm³。25cm³此溶液恰好为 25.1cm³、0.1M 的氢氧化钠中
和。试计算氯化铵中氨的百分含量。(NH₄Cl = 53.5)

解：所涉及的反应方程式如下：



从(3)知，1摩尔 NaOH与0.5摩尔H₂SO₄完全反应。因
此，25.10cm³、0.1M NaOH与2.51cm³、0.5M H₂SO₄反应。

25cm³被稀释了的溶液中，过剩的 0.5M H₂SO₄ 的 体 积
= 2.51cm³

过剩的0.5M 硫酸总体积 = 25.10cm³

与氨反应的硫酸体积 = 50.0 - 25.10 = 24.90cm³

从(2)知: 1 摩尔H₂SO₄与 2 摩尔NH₃反应。因此, 1000 cm³、1M H₂SO₄与 2 × 17 = 34克氨反应

故 24.90cm³、0.5M H₂SO₄则与 $34 \times \frac{24.90}{1000} \times 0.5$ 克氨反

应

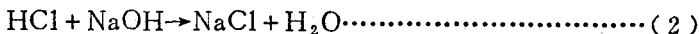
所以, NH₃在氯化铵中的百分含量

$$= 34 \times \frac{24.90}{1000} \times 0.5 \times \frac{100}{1.340}$$

$$= 31.6\%$$

4. 1.600克MO型金属氧化物溶解于100cm³、1M 的盐酸中, 此液体被稀释至 500cm³。25cm³此液体恰好与 21.02cm³、0.1020M氢氧化钠中和。试计算: ①与 1 摩尔盐酸化合时该氧化物的质量; ②该氧化物的化学式量; ③该金属的原子量。

解: 有关反应方程式如下:



从(2)知, 1 摩尔HCl与 1 摩尔NaOH反应所用去的NaOH

$$\text{的摩尔数} = 0.1020 \times \frac{21.02}{1000}$$

25cm³ 被稀释了的溶液中剩余的盐酸的摩尔数也是

$$0.1020 \times \frac{21.02}{1000}$$

$$\text{剩余酸的总摩尔数} = 0.1020 \times \frac{21.02}{1000} \times 20$$

$$= 0.04283$$

$$100\text{cm}^3, 1\text{M} \text{ 的酸中 HCl 的摩尔数} = 0.100$$

$$\text{与氧化物反应的 HCl 的摩尔数} = 0.100 - 0.04288$$

$$= 0.05712$$

即 0.05712 摩尔 HCl 与 1.600 克该氧化物反应。因此，

$$1 \text{ 摩尔 HCl 将与 } \frac{1.600}{0.05712} = 28.01 \text{ 克该氧化物反应。}$$

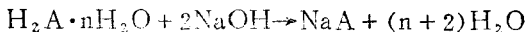
从 (1) 知，0.5 摩尔该氧化物与 1 摩尔 HCl 反应。因此，1 摩尔该氧化物 = $2 \times 28.01 = 56.02$ 克

此即该氧化物的化学式量，所以，该金属 M 的原子量是

$$56.02 - 16 = 40.02$$

5. 将 5.040 克某二元有机酸晶体（无水化学式量 72）制成 1dm^3 水溶液。 25cm^3 此溶液需 19.97cm^3 、0.01M 氢氧化钠溶液中和（以酚酞作指示剂）。试计算每摩尔该晶体酸中结晶水的摩尔数。（H = 1, O = 16）

解：因二元酸含结晶水，所以此酸的形式必为 $\text{H}_2\text{A} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，它与氢氧化钠的反应如下：



由方程式知，1 摩尔酸与 2 摩尔氢氧化钠反应，即 0.5 摩尔酸与 1 摩尔氢氧化钠反应。

$$25\text{cm}^3 \text{ 该溶液中含水合酸 } \frac{5.040}{40} \text{ 克，故 } 19.97\text{cm}^3, 0.01\text{M}$$

NaOH与 $\frac{5.040}{40}$ 克水合酸反应;

$$1000\text{cm}^3, 1\text{M NaOH则与} \frac{5.040}{40} \times \frac{1000}{19.97} \times 10\text{克}$$
$$= 63.09\text{克反应}$$

因63.09克是该水合酸的 $\frac{1}{2}$ 摩尔, 故该水合酸1摩尔为126.2克。又该无水酸1摩尔为72克, n 摩尔水为 $18n$, 所以:

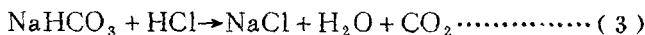
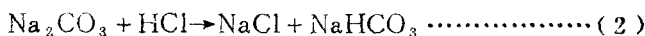
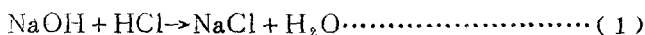
$$72 + 18n = 126.2$$

$$n = 3$$

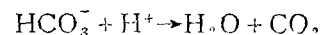
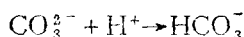
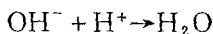
即每摩尔水合酸晶体中含结晶水3摩尔 ($\text{H}_2\text{A} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)。

6. 用两种不同的指示剂测定氢氧化钠和碳酸钠的混合液。

氢氧化钠与盐酸之间的反应一步完成, 碳酸钠与盐酸之间的反应由于生成中间产物碳酸氢根离子而分两步进行:



以离子方程式表示则为:



若以酚酞作指示剂, (1)和(2)反应完全。达到滴定终点

时，溶液由粉红色变为无色。若以甲基橙作指示剂，三个反应进行完全时，所显示的颜色是由黄色变为粉红色。又因滴定中反应(2)和(3)需要的酸量相同，而反应(2)所需酸，是用甲基橙和酚酞作指示剂分别滴定时两者所需酸量之差，故此差值的二倍即为滴定碳酸盐所需之酸量。剩余的酸用于滴定氢氧化钠。

例 题

某一含有氢氧化钠和碳酸钠的溶液 25.0cm^3 。若以酚酞作指示剂时，需 21.50cm^3 、 1M HCl 恰好与之反应；若以甲基橙作指示剂时，则需 27.85cm^3 、 1M HCl 与之反应。试计算溶液内每种化合物的浓度(以 g/dm^3 表示)。

($\text{Na} = 23$, $\text{H} = 1$, $\text{O} = 16$, $\text{C} = 12$)

解：由方程式可知，滴定 25.0cm^3 溶液中的碳酸钠所需之盐酸为 $2 \times (27.85 - 21.50)$ ，或 12.70cm^3 。因此，滴定相同体积该溶液中的氢氧化钠所需之盐酸为 $(27.85 - 12.70)$ 或 15.15cm^3

从方程式知，1 摩尔 HCl 与 0.5 摩尔 Na_2CO_3 ($= 53$ 克) 反应，即：

1000cm^3 、 1M HCl 与 53 克 Na_2CO_3 反应

12.70cm^3 则与 $53 \times \frac{12.70}{1000}$ 克 Na_2CO_3 反应

此即 25cm^3 溶液中碳酸钠的质量，故 1dm^3 中的质量则为

$$53 \times \frac{12.70}{1000} \times 40 = 26.9 \text{ 克}$$

从方程式知, 1 摩尔HCl与 1 摩尔NaOH (= 40克) 反应,
即:

1000cm³、1M HCl 与40克 NaOH反应

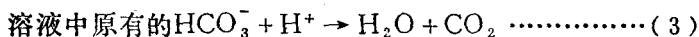
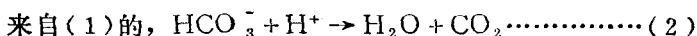
15.15cm³则与 $40 \times \frac{15.15}{1000}$ 克NaOH反应

此即 25cm³溶液中氢氧化钠的质量, 故1dm³中的质量 则为 $40 \times \frac{15.15}{1000} \times 40 = 24.2$ 克

用同样的方法可以测定碳酸钠和碳酸氢钠的混合物, 若以酚酞作指示剂时, 当全部碳酸盐转变为碳酸氢盐时, 即到滴定终点, 溶液由粉红色变为无色。



若以甲基橙作指示剂时, 当溶液中原有的碳酸氢盐和由(1)生成的碳酸氢盐都转变为二氧化碳和水时, 达到滴定终点, 溶液由黄色变为粉红色。



因为反应(1)和(2)所需酸量相等, 故酚酞滴定所需酸量的二倍, 就是碳酸盐所需的酸量, 余下的用于滴定溶液中原有的碳酸氢盐。其它的计算与上面相似。反应中各物质之摩尔比为:

1 摩尔Na₂CO₃: 2 摩尔HCl

1 摩尔NaHCO₃: 1 摩尔HCl

7. 将化学式量为118的某酸 1.600克制成 250cm^3 水溶液。 25.0cm^3 此溶液需 27.10cm^3 、 0.10M 氢氧化钠溶液中和。试计算该酸与 1 摩尔氢氧化钠反应时所需要的质量是多少？又该酸是几元酸？

解： 25cm^3 溶液中含该酸 0.160克

所以， 27.10cm^3 、 0.1M NaOH与该酸 0.160克反应

$$1000\text{cm}^3、1\text{M NaOH则与} 0.160 \times \frac{1000}{27.10} \times 10$$

$$= 59.03\text{克酸反应}$$

因59.03克为该酸的 $\frac{1}{2}$ 摩尔，所以 1 摩尔该酸与 2 摩尔氢氧化钠反应，故该酸为二元酸。

习 题

（所需原子量见173页）

标定

1. 100cm^3 浓盐酸被稀释至 1dm^3 (1000cm^3)。 26.8cm^3 稀释后的盐酸与 25cm^3 、 0.5M 碳酸钠溶液恰好中和（以甲基橙作指示剂）。试求原盐酸的浓度（以 g/dm^3 表示）。

2. 在 25cm^3 氢氧化钠溶液中加入 50cm^3 、 0.5M 盐酸溶液，所得溶液需 22.3cm^3 、 0.25M NaOH与之中和。试计算。氢氧化钠的原始浓度（以 g/dm^3 表示）。

3. 在标定某一 0.05M 的粗硫酸时，将1.325克纯无水碳酸钠制成 250cm^3 溶液。 25cm^3 此溶液需 23.5cm^3 该酸中和。

试计算该酸的浓度(以 g/dm^3 表示)。如果滴定后余下 906cm^3 硫酸,需加水多少 cm^3 可使其浓度恰好是 0.05M ?

4. 根据以下数据计算氢氧化钠溶液的摩尔浓度: 2.01克 四草酸钾结晶需 26.2cm^3 氢氧化钠溶液中和(以酚酞作指示剂)。(四草酸钾晶体的化学式是 $\text{KHC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

5. 按以下方法标定盐酸: 1.010克 纯碳酸钙与 50cm^3 盐酸反应; 过剩的盐酸又为 24.6cm^3 氢氧化钠所中和; 25cm^3 此氢氧化钠又需 23.7cm^3 该盐酸中和。试计算盐酸的摩尔浓度。

6. 15°C 时, 将 100cm^3 食醋稀释至 250cm^3 。 25cm^3 稀释后的溶液需 16.9cm^3 、 0.5M NaOH 中和(以酚酞作指示剂)。假定食醋的酸性全部由醋酸引起, 试计算原食醋中醋酸的质量百分比(15°C 时醋的密度为 1.02g/cm^3)。

7. 含有氢氧化钠和碳酸钠的某溶液 20cm^3 , 当以酚酞作指示剂时需 19.2cm^3 、 0.5M HCl 与之反应。若以甲基橙作指示剂, 则需再加盐酸 5.1cm^3 。试求原溶液中每种化合物的浓度(以每 dm^3 中无水固体之克数表示)。

8. 将 2.5克 无水碳酸钠和氯化钠的混合物制成 250cm^3 溶液。 25cm^3 此溶液恰好与 20cm^3 、 0.1M HCl 反应(以甲基橙作指示剂)。试计算该混合物中氯化钠的质量百分比。

9. 将被碳酸氢钠污染了的无水碳酸钠制成 250cm^3 溶液。若以酚酞作指示剂时, 25cm^3 此溶液需 11.2cm^3 、 1M HCl 与之反应; 而以甲基橙作指示剂时, 则需同样的 HCl 24.5cm^3 , 试计算该混合物中碳酸氢钠的质量百分比。

10. 每 dm^3 中含 5克 固体的氢氧化钠和氢氧化钾的混合溶

液 25cm^3 需 24.2cm^3 、 0.1M HCl 与之中和。试计算溶液中每种化合物的浓度 (以 g/dm^3 表示)。

11. 含有氢氧化钠和碳酸钠的某溶液 25cm^3 需 28.0cm^3 、 0.1M HCl 中和 (以甲基橙作指示剂)。由于加入过量的氯化钡溶液, 碳酸根离子从 25cm^3 原溶液中被排除。用同一种盐酸缓缓滴定所得混合溶液时, 耗去该酸 18.0cm^3 (以酚酞作指示剂)。试计算每 dm^3 溶液中氢氧化钠和无水碳酸钠的质量。

12. 某一石灰石样品 1.500克 溶于 50cm^3 、 1M 盐酸中, 随后被制成 250cm^3 溶液。 25cm^3 此溶液需 21.05cm^3 、 0.1M 氢氧化钠中和。假定此岩石样品中所有的基本物质都是碳酸钙, 试计算碳酸钙的百分含量。

13. 将 7.12克 某混合物加进 50cm^3 、 1M 盐酸中, 当反应完全时, 用蒸馏水将溶液稀释至 250cm^3 。 25cm^3 此溶液需 24.4cm^3 、 0.1M 氢氧化钠中和其中过量的酸。假定此混合物中所有的基本物质都是氢氧化镁, 试计算此混合物中氢氧化镁的百分含量。

14. 混有氯化钠的氯化铵 5.00克 与 100cm^3 、 2M NaOH 共热至沸腾, 直到不再放出氨为止。将剩余的溶液用水稀释成 250cm^3 。 25cm^3 此溶液需 22.4cm^3 、 0.5M HCl 中和。试求混在氯化铵中氯化钠的质量。

15. 每 dm^3 中含 5.00克 氯化铵的溶液 25cm^3 与过量的氢氧化钠溶液共煮, 生成的氨气用 25cm^3 、 0.1M 硫酸吸收。试求滴定过量硫酸所需 0.1M 氢氧化钠溶液的体积。

16. 根据以下数据, 计算混有硫酸钠的硫酸铵样品中硫酸