

環境化學講義

第一回

705771-1



社團
法人
考試
證
照
考
試
檢
定
考
試

考
友
社

出版
發行
考
試
證
照
考
試
檢
定
考
試

第一講 普通化學

命題重點

一、原子量、克原子量、克分子量

(一)元素的原子量：

1. 為各原子與同一標準比較後的一個相對重量。在1961年， C^{12} 的同位素 (isotopd) 被作為此一標準，其重量為12。
2. 元素的原子量並不需要記，因表中很容易查得。但為節省時間，一般常用的最好記住。例如：氫、氧、碳、鈣、鈉、鎂、硫、鋁、氯等。在實際運用上，原子量取三位有效數字便已足夠。如鋁的原子量為27.0、氯為33.5、金為197、碘為127等。
3. 通常，元素的原子量所代表的是其所有同位素的加權平均值，例如氯的原子量為35.45，因其含有兩種同位素分別為35與37。

(二)克分子量 (gram molecular weight, GMW)，是分子量用“克”來表示，即通常所稱的“莫耳” (mole)，主要的意義是表現在莫拉 (molar) 或重量莫洛耳 (molal) 溶液上。一莫拉溶液，是指一克分子重的化合物溶解在足夠的水中，形成一公升的溶液。而一重量莫洛耳溶液是指一克分子重的化合物溶解在一公升水中，故此溶液體積稍大於一公升。

二、AVOGADRO數：

任何一克分子量重的化合物，均含有相同數目的分子。此分子數目，稱為Avogadro數，其值約為 6.02×10^{23} 。依定義，一mole物質，含有一個Avogadro數的元表實體，它可依上下文意而表示每mole原子數；每mole分子數；每mole離子數或每mole電子數。

6.02×10^{23} 氧原子	= 16.0 gO
6.02×10^{23} 氫原子	= 1.01 gH
6.02×10^{23} 水分子	= 18.0 gH ₂ O
6.02×10^{23} 氫氧離子	= 17.0 gOH ⁻

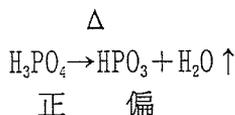
三、命名法：

(一)無機化合物的命名法，並無嚴密的規律可循。通常對二元素的化合物，其字尾均為 (ide)，例如無水的氯化氫 (hydrogen chloride)，命名上較困擾的為含氧酸，其名稱均與化合物主元素的氧化態有關。具最高氧化態的酸，字尾為 (-ic)，例如硫酸 (sulfuric acid)、磷酸 (phosphoric acid)、鉻酸 (chromic)，同時產生的鹽，字尾為 (-ate)；具次高氧化態的酸，字尾為 (-ous)，例如亞硫酸 (sulfurous acid)、亞磷酸 (phosphorous acid) 以及亞鉻酸 (chr-

omous)，同時所產生的鹽，字尾為(ite)；具最低氧化態的酸，字首加(hypo-)，字尾為(ous)，例如次氯酸(hypochlorous)、次磷酸(hypophosphorous)，同時所產生的鹽，字首用(hypo-)，字尾為(ite)。

(二)鹵素的含氧酸，超過三種酸。具最高氧化態的酸，字首加(per-)，例如過氯酸(perchloric acid)，同時所產生的鹽，字首加(per-)，字尾加(-ate)。由錳所產生氧化態為7的酸(HMnO₄)，稱為高錳酸(permanganic acid)，其鹽為高錳酸鹽(permanganates)。所有的高.....酸，其主元素的氧化態均為7。另外，錳尚有氧化態為6的酸，稱為錳酸(manganic acid)。

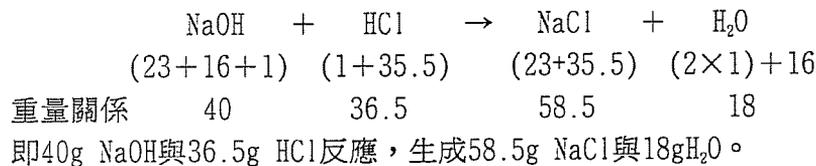
(三)酸，亦因其水合程度，在字首加上正(ortho)、偏(meta)、焦(pyro)等字樣。正酸為含最高水合形態的無水酸，例如硫酸(H₂SO₄)、磷酸(H₃PO₄)、亞磷酸(H₃PO₃)、鉻酸(H₂CrO₄)。偏酸，係自正酸移除一個分子水而成，例如下式



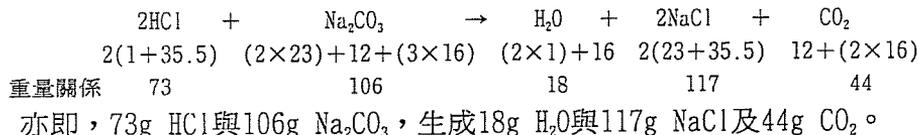
四 化學方程式：重量關係

一個要注意的基本規則是：化學反應(chemical reaction)祇有在達到平衡時，才能用化學方程式來表示。為了平衡化學方程式，所有參與反應的分子，都要正確的寫出，否則其間的重量關係就無意義。此種重量關係，又為工程上，考慮其反應設備、儲存設備、成本估計等的基本資料，其重要性自不待言。

【例題一】



【例題二】

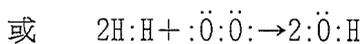
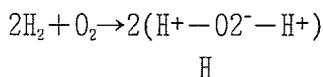


五 氧化—還原方程式：

(一)氧化(oxidation)與還原(reduction)的最新概念，係建立在原子結構與電子移轉的認識上，一個原子、分子或離子，若失去電子，則稱為氧化(oxidation)若得到電子，則稱為還原(reduction)，例當鈉與氯反應時，鈉原子失去一個電子，故被氧化成Na⁺，氯原子獲得一個電子，故被還原為Cl⁻。

(二)當原子間發生氧化—還原反應而以極性共價鍵(polar covalent bonds)形成分子或離子時，我們要先作若干假設，以維持一致的觀念。茲以氫在氧中燃燒的反

應爲例



(三) H_2 與 O_2 爲均核共價分子 (homonuclear covalent molecules)，電子是由相同原子核所均分，沒有那個原子失去或獲得電子，故氧化數 (oxidation number) 爲零。而 H_2O (水) 爲異核極性共價分子 (heteronuclear polar covalent molecule)，在 H_2O 中的電子，並非由氫與氧所均分，氧具有較大的陰電性 (electronegative) 對電子吸引較強，故產生極性共價鍵，在此分子中，氧的部分較帶負電，而氫的部分較具正電。爲便於計算氧化數，我們認爲陰電性較大的一方，能有效地控制共用電子，如此可擴展極性共價鍵到離子鍵。在水分子形成過程中，氫的氧化數變爲+1 (被氧化)，氧的氧化數變爲-2 (被還原)。此氫與氧的氧化數在大多數情況下，均不改變。環境工程上所要的是氧化數。

(四) 當化合物中的元素具有多種氧化數時，在命名上就有困難。理論與應用化學國際協會 (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC) 建議用下列方法來區別。元素的正氧化數，用羅馬數字寫在括弧中，置在元素後方，例如： FeCl_2 氯化鐵 (II)、 FeCl_3 氯化鐵 (III)、 Cl_2O_7 氧化氯 (VII)。同樣，對元素亦可適用， $\text{Fe}(\text{III})$ 表示+3價的鐵，而不論它是離子或異核分子，如此可避免許多困擾。

(五) 一般定義：

1. 氧化劑 (oxidizing agent)，是可獲得電子 (add electrons) 的物質，例如
 $\text{O}(\text{O}), \text{Cl}(\text{O}), \text{Fe}(\text{III}), \text{Cr}(\text{VI}), \text{Mn}(\text{IV}), \text{Mn}(\text{VII}), \text{N}(\text{V}), \text{N}(\text{III}),$
 $\text{S}(\text{O}), \text{S}(\text{IV}), \text{S}(\text{VI})$
2. 還原劑 (reducing agent)，是可放出 (give up) 電子的物質，例如
 $\text{H}(\text{O}), \text{Fe}(\text{O}), \text{Mg}(\text{O}), \text{Fe}(\text{II}), \text{Cr}(\text{II}), \text{Mn}(\text{IV}), \text{N}(\text{III}), \text{Cl}(-\text{I}),$
 $\text{S}(\text{O}), \text{S}(-\text{II}), \text{S}(\text{IV})$

(六) 當元素的氧化數爲中間值時，在某些情況下它可當作氧化劑，在另一情況下，可作爲還原劑。氧化作用與還原作用必是相伴產生，氧化劑獲得電子的數目必與還原劑放出電子的數目相同。

(七) 半反應的運用：

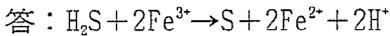
爲簡化繁複的氧化—還原反應，可使用半反應 (half reaction)；半反應，就是指“對單一元素，已平衡的氧化—還原反應”，它們並非完整的反應，因電子尚包含在反應物中，而自由電子在溶液中是不可能出現的。將一半反應與另一半反應的逆反應相加，才可獲得完整的反應。

表 (1-1) 半反應

反應 數目	還原 態元素	半反應	ΔG° , Kcal/mol	E° , volts	pE°
1	C	$\frac{1}{4}CO_2 + \frac{7}{8}H^+ + e^- = \frac{1}{8}CH_3COO^- + \frac{1}{4}H_2O$	-1.73	0.075	1.27
2	C	$\frac{1}{4}CO_2 + H^+ + e^- = \frac{1}{24}C_6H_{12}O_6 + \frac{1}{4}H_2O$	0.35	-0.015	-0.26
3	Cl	$\frac{1}{2}Cl_2 + e^- = Cl^-$	-31.39	1.359	23.01
4	Cl	$\frac{1}{2}ClO^- + H^+ + e^- = \frac{1}{2}Cl^- + \frac{1}{2}H_2O$	-31.9	1.728	29.3
5	Cl	$\frac{1}{8}ClO_4^- + H^+ + e^- = \frac{1}{8}Cl^- + \frac{1}{2}H_2O$	-31.6	1.37	23.2
6	Cr	$\frac{1}{6}CrO_7^{2-} + \frac{7}{3}H^+ + e^- = \frac{1}{3}Cr^{3+} + \frac{7}{6}H_2O$	-30.7	1.33	22.5
7	Cu	$\frac{1}{6}Cr_2O_7^{2-} + \frac{7}{3}H^+ + e^- = \frac{1}{3}Cr^{3+} + \frac{7}{6}H_2O$	-7.78	0.337	5.71
8	Fe	$\frac{1}{2}Fe^{2+} + e^- = \frac{1}{2}Fe$	9.45	-0.409	-6.93
9	Fe	$Fe^3 + e^- = Fe^{2+}$	-17.78	0.770	13.04
10	Fe	$\frac{1}{3}Fe^{3+} + e^- = \frac{1}{3}Fe$	0.84	-0.036	-0.62
11	H	$H^+ + e^- = \frac{1}{2}H_2$	0.00	0.000	0.00
12	Hg	$\frac{1}{2}Hg^{2+} + e^- = \frac{1}{2}Hg$	-19.7	0.851	14.4
13	I	$\frac{1}{2}I_2 + e^- = I^-$	-12.4	0.535	9.06
14	I	$\frac{1}{3}IO_3^- + \frac{6}{5}H^+ + e^- = \frac{1}{10}I_2 + \frac{3}{5}H_2O$	-27.6	1.195	20.24
15	Mn	$\frac{1}{2}MnO_2 + 2H^+ + e^- = \frac{1}{2}Mn^{2+} + H_2O$	-27.9	1.208	20.46
16	Mn	$\frac{1}{5}MnO_4^- + \frac{8}{5}H^+ + e^- = \frac{1}{5}Mn^{2+} + \frac{1}{5}H_2O$	-34.4	1.491	25.25
17	Mn	$\frac{1}{3}MnO_4^- + \frac{4}{3}H^+ + e^- = \frac{1}{3}MnO_2 + \frac{2}{3}H_2O$	-39.2	0.695	28.70
18	N	$\frac{1}{6}NO_2^- + \frac{4}{3}H^+ + e^- = \frac{1}{6}NH_4^+ + \frac{1}{3}H_2O$	-20.75	0.898	15.21
19	N	$\frac{1}{8}NO_3^- + \frac{5}{4}H^+ + e^- = \frac{1}{8}NH_4^+ + \frac{3}{8}H_2O$	-20.33	0.880	14.91
20	N	$\frac{1}{3}NO_2^- + \frac{4}{3}H^+ + e^- = \frac{1}{6}N_2 + \frac{2}{3}H_2O$	-35.16	1.522	25.78
21	N	$\frac{1}{5}NO_3^- + \frac{6}{5}H^+ + e^- = \frac{1}{10}N_2 + \frac{3}{5}H_2O$	-28.73	1.244	21.06
22	O	$\frac{1}{4}O_2 + H^+ + e^- = \frac{1}{2}H_2O$	-28.35	1.227	20.79
23	S	$\frac{1}{6}SO_4^{2-} + \frac{4}{3}H^+ + e^- = \frac{1}{6}S + \frac{2}{3}H_2O$	-8.24	0.357	6.04
24	S	$\frac{1}{8}SO_4^{2-} + \frac{5}{4}H^+ + e^- = \frac{1}{8}H_2S + \frac{1}{2}H_2O$	-7.00	0.303	5.13
25	S	$\frac{1}{4}SO_4^{2-} + \frac{5}{4}H^+ + e^- = \frac{1}{8}S_2O_3^{2-} + \frac{5}{8}H_2O$	-7.00	0.303	5.13
26	S	$\frac{1}{2}SO_4^{2-} + H^+ + e^- = \frac{1}{2}SO_3^{2-} + \frac{1}{2}H_2O$	0.93	-0.309	-0.66
27	Zn	$\frac{1}{2}Zn^{2+} + e^- = \frac{1}{2}Zn$	-17.6	-0.763	-12.9

精選試題

一試用適當半反應來完成 H_2S 氧化為 S ，且 Fe^{3+} 還原為 Fe^{2+} 的氧化還原反應。



二試計算在 25°C 與 2 atm 下，儲存 10000kg 的 (CH_4) 氣體所需的儲槽容積。

答： CH_4 氣體的分子量為 $12 + 4(1) = 16\text{g}$

$$10000 \text{ kg } \text{CH}_4 \text{ 的 mole 數為 } \frac{10000 \times 10^3}{16} = 625 \times 10^3 \text{ mole}$$

依氣體定律

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{625 \times 10^3 (0.082) (273 + 25)}{2} = 7.64 \times 10^6 \ell$$

因此，所需儲槽容積為 $7.64 \times 10^6 \ell$ (或 $2.7 \times 10^5 \text{ft}^3$)

三試利用半反應，以完成並平衡以下各條的氧化—還原反應。

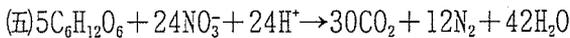
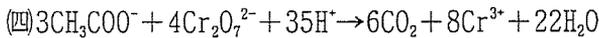
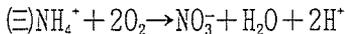
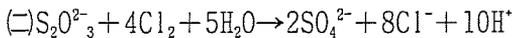
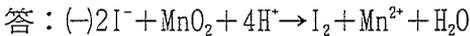
(一) I^- 氧化為 I_2 ， MnO_2 還原為 Mn^{2+} 。

(二) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 氧化為 SO_4^{2-} ， Cl_2 還原為 Cl^- 。

(三) NH_4^+ 氧化為 NO_3^- ， O_2 還原為 H_2O 。

(四) CH_3COO^- 氧化為 CO_2 ， $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 還原為 Cr^{3+} 。

(五) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 氧化為 CO_2 ， NO_3^- 還原為 N_2 。

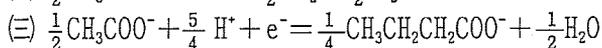
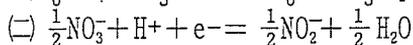
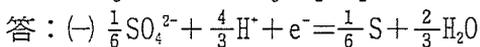


四試完成以下各條還原作用的半反應。

(一) SO_4^{2-} to S

(二) NO_3^- to NO_2^-

(三) CH_3COO^- to $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$



五、衛生化學內容包括那些？

- 答：(一)無機化學
 (二)有機化學
 (三)物理化學
 (四)顆粒化學
 (五)生物化學
 (六)輻射化學

六、將3g的醋酸溶解於蒸餾水中足夠形成1升的溶液。問其醋酸根濃度為何？

答：溶液的molar濃度 = $\frac{3}{60} = 0.05M$

設x mole的醋酸解離，用來形成H⁺與Ac⁻離子，則

$$[HAc] = (0.05 - x) \text{ mol/l}$$

$$\text{又 } [H^+] = [Ac^-] = x \text{ mol/l}$$

$$K_a = \frac{[H^+][Ac^-]}{[HAc]} = \frac{(x)(x)}{0.05 - x} = 1.75 \times 10^{-5}$$

$$\text{解得 } x = [Ac^-] = 9.27 \times 10^{-4} \text{ mole/l}$$

故0.05M的醋酸有 $(9.27 \times 10^{-4}) / 0.05$ ，或1.85%解離。

七、環境工程中用以改變化學平衡之方法，常用者有五種，試舉實例以化學方程式說明之。

答：(一)Formation of insoluble substance

不溶解物質的形成

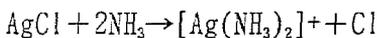
如：Ca(OH)₂處理硬水

(二)解離度低的化合物形成

如：NaOH + HCl ⇌ NaCl + H₂O

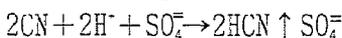
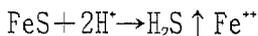
酸洗廢水，兩性化合物

(三)複合離子的形成



所以處理廢水時應避免NH₃。

(四)氣體物的產生



(五)氧化與還原

