達思化學

課本　2B

第 5 章　氧化還原反應、化學電池和電解

目錄

續下頁

目錄

續下頁

目錄

20.1 以獲得和失去氧來定義氧化作用和還原作用 (頁45)

- 鎂在空氣中燃燒時發出白色火焰，生成氧化鎂。

$$2Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$$

鎂在反應中獲得氧，所以它被氧化。

鎂在空氣中燃燒生成氧化鎂

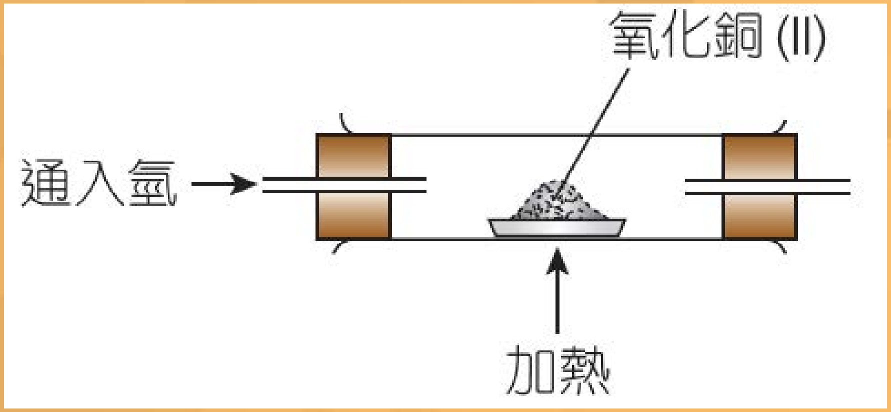
氧化作用 (oxidation) 是化學物種獲得氧的過程，該化學物種在過程中被氧化。

20.1 以獲得和失去氧來定義氧化作用和還原作用 (頁45)

- 現把氫氣通過預熱的氧化銅(II)，過程中生成銅。

$$CuO(s) + H_2(g) \longrightarrow Cu(s) + H_2O(l)$$

在這個例子中，氧化銅(II) 失去氧，所以它被還原。



把氫氣通過預熱的氧化銅(II)，氧化銅(II) 被還原成銅

還原作用 (reduction) 是化學物種失去氧的過程，該化學物種在過程中被還原。

20.1 以獲得和失去氧來定義氧化作用和還原作用 (頁45)

- 氧化銅(II) 與氫之間的反應是氧化還原反應。

失去氧：還原作用

$$CuO(s) + H_2(g) \longrightarrow Cu(s) + H_2O(l)$$

獲得氧：氧化作用

氧化作用和還原作用必須同時發生所以這種反應稱為**氧化還原反應 (redox reaction)**。

20.1 以獲得和失去氧來定義氧化作用和還原作用 (頁45)

氧化劑和還原劑

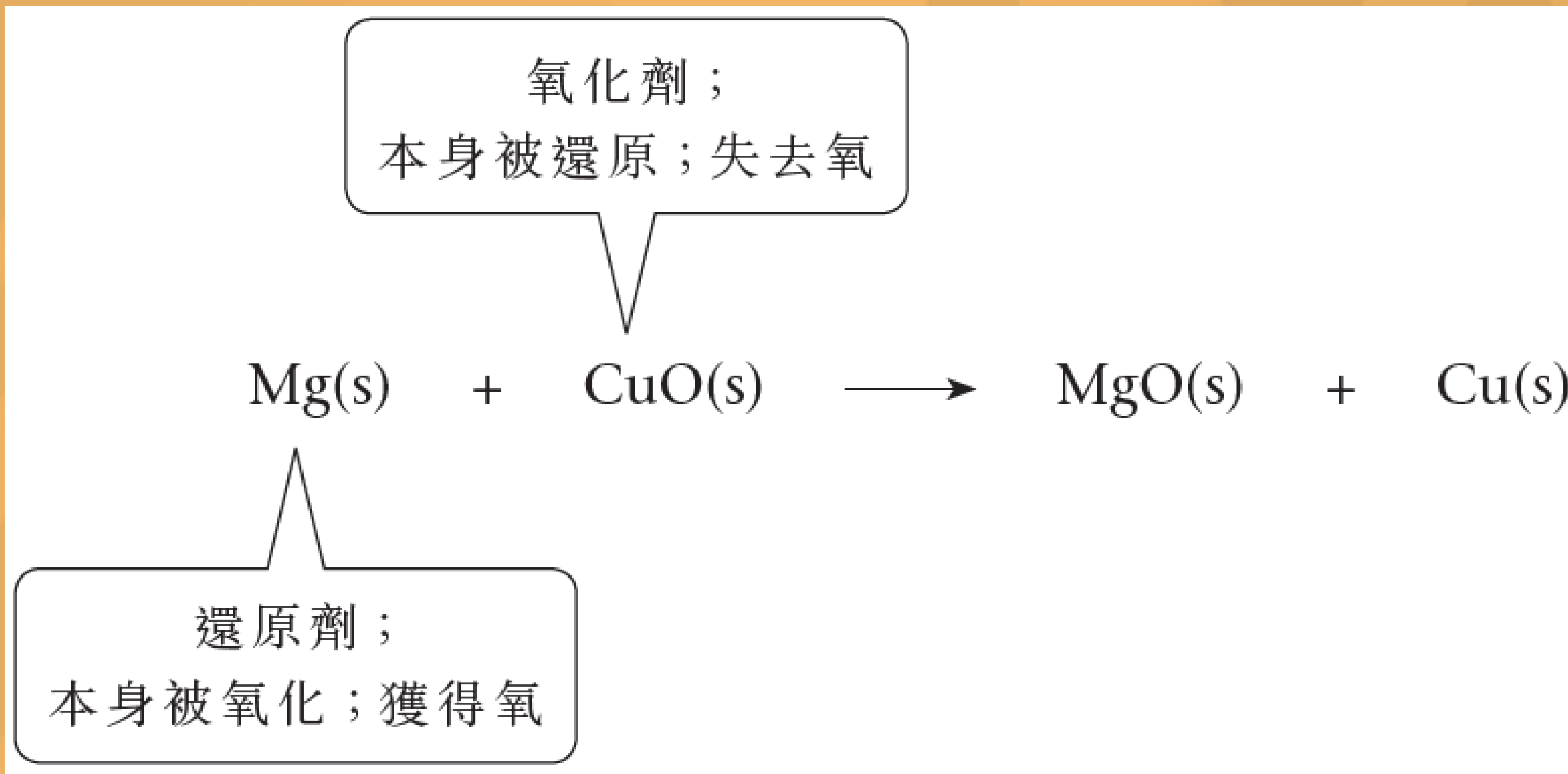
- 鎂與氧化銅(II) 共熱時，發生以下方程式表示的反應：
  $Mg(s) + CuO(s) \longrightarrow MgO(s) + Cu(s)$
- 鎂在反應中獲得氧，氧化銅(II) 導致鎂的氧化，所以氧化銅(II)**氧化劑 (oxidising agent)**。
- 氧化銅(II) 在反應中失去氧，鎂導致氧化銅(II) 的還原，所以鎂是**還原劑 (reducing agent)**。

20.1 以獲得和失去氧來定義氧化作用和還原作用 (頁45)

導致另一化學物種進行氧化作用的化學物種稱為氧化劑，在反應過程中氧化劑本身被還原。

導致另一化學物種進行還原作用的化學物種稱為還原劑，在反應過程中還原劑本身被氧化。

20.1 以獲得和失去氧來定義氧化作用和還原作用 (頁45)



氧化劑和還原劑的一些特徵

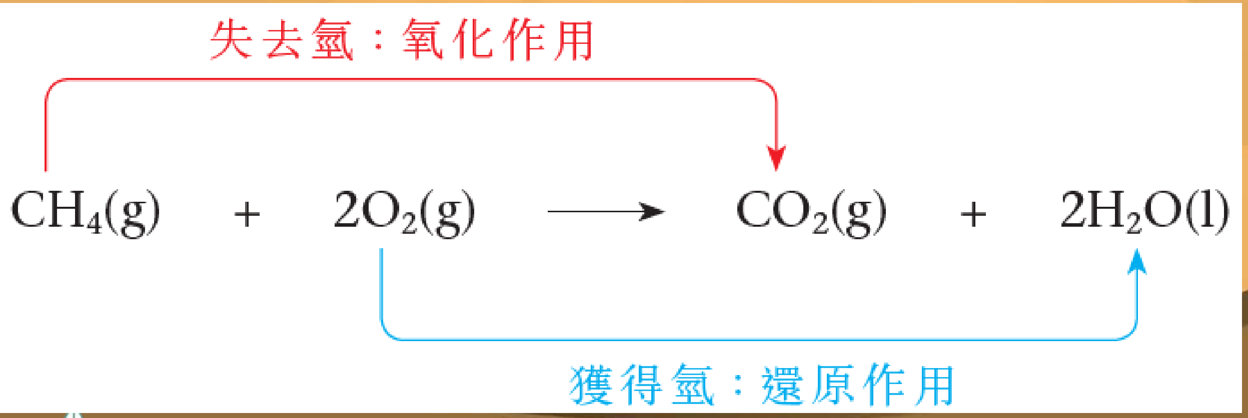
20.2 以失去和獲得氫來定義氧化作用和還原作用 (頁47)

- 氧化作用和還原作用亦可以失去和獲得氫來定義。

> 氧化作用是化學物種失去氫的過程。
> 還原作用是化學物種獲得氫的過程。

- 天然氣的主要成分是甲烷 ($CH_4(g)$)，可用於家居煮食。完全燃燒甲烷涉及反應的化學方程式顯示如下：

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$$



甲烷在氧中完全燃燒涉及的氧化還原反應

20.2 以失去和獲得氫來定義氧化作用和還原作用 (頁47)

- 氧導致甲烷的氧化，所以氧是氧化劑。甲烷則導致氧的還原，所以甲烷是還原劑。

氧化劑；
獲得氫

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$$

還原劑；
失去氫

在甲烷在氧中燃燒涉及的氧化還原反應中，甲烷是還原劑，氧則是氧化劑

20.2 以失去和獲得氫來定義氧化作用和還原作用 (頁47)

小測試 20.1

1 鋅與氧化銅(II) 共熱時，發生反應，生成氧化鋅和銅。

$$Zn(s) + CuO(s) \longrightarrow ZnO(s) + Cu(s)$$

a) 根據氧的得失，解釋為甚麼上述反應是氧化還原反應。

b) 辨認其中的還原劑，並加以解釋。

2 硫化氫與氯反應，生成硫和氯化氫。

$$H_2S(g) + Cl_2(g) \longrightarrow S(s) + 2HCl(g)$$

a) 根據氫的得失，解釋為甚麼上述反應是氧化還原反應。

b) 辨認其中的氧化劑，並加以解釋。

3 就下列每項反應，辨認哪化學物種被氧化和哪化學物種被還原。

a) $CO(g) + Ag_2O(s) \longrightarrow CO_2(g) + 2Ag(s)$

b) $MnO_2(s) + 4HCl(aq) \longrightarrow MnCl_2(aq) + 2H_2O(l) + Cl_2(g)$

20.2 以失去和獲得氫來定義氧化作用和還原作用 (頁47)

小測試 20.1 (續)

1 a) 鋅獲得氧，它進行氧化作用。
氧化銅(II) 失去氧，它進行還原作用。
因此，這是氧化還原反應。
b) 鋅是還原劑。
它令氧化銅(II) 進行還原作用。

2 a) 硫化氫失去氫，它進行氧化作用。
氯獲得氫，它進行還原作用。
因此，這是氧化還原反應。
b) 氯是氧化劑。
它令硫化氫進行氧化作用。

3 a) CO(g) 被氧化。
Ag_2O(s) 被還原。
b) MnO_2(s) 被還原。
HCl(aq) 被氧化。

20.3 以失去和獲得電子來定義氧化作用和還原作用 (頁49)

- 鎂在空氣中燃燒時，生成氧化鎂。

$$2Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$$

- 氧化鎂是由鎂離子（Mg^{2+}）和氧離子（O^{2-}）組成的離子化合物。
- 在上述反應中，每個鎂原子失去兩個電子，生成鎂離子（Mg^{2+}）。
- 每個氧原子獲得兩個電子，生成氧離子（O^{2-}）。一個氧分子由兩個氧原子組成，所以每個氧分子獲得四個電子。

20.3 以失去和獲得電子來定義氧化作用和還原作用 (頁49)

- 這兩個過程的半方程式顯示如下：

氧化作用	$Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$
還原作用	$O_2 + 4e^- \longrightarrow 2O^{2-}$

氧化作用是化學物種失去電子的過程。
還原作用是化學物種獲得電子的過程。

20.3 以失去和獲得電子來定義氧化作用和還原作用 (頁49)

- 考慮鈉在氯氣中燃燒生成氯化鈉的反應。

$$2Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$$

鈉在氯氣中燃燒

- 在上述反應中，每個鈉原子失去一個電子，生成鈉離子（Na^+）。

氧化作用	$Na \longrightarrow Na^+ + e^-$
還原作用	$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$

20.3 以失去和獲得電子來定義氧化作用和還原作用 (頁49)

氧化劑和還原劑

- 考慮鋅和硫酸銅(II) 溶液之間的置換反應。

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

- 該反應的兩條半方程式顯示如下：

失去電子（氧化作用）

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$$

獲得電子（還原作用）

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^{-} \longrightarrow Cu(s)$$

鋅和硫酸銅(II) 溶液的置換反應

20.3 以失去和獲得電子來定義氧化作用和還原作用 (頁49)

- 銅(II) 離子導致鋅的氧化，所以銅(II) 離子是氧化劑。鋅導致銅(II) 離子的還原，所以鋅是還原劑。

氧化劑；獲得電子

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

還原劑；失去電子

氧化劑反應時獲得電子，因而被還原。
還原劑反應時失去電子，因而被氧化。

20.3 以失去和獲得電子來定義氧化作用和還原作用 (頁49)

金屬的還原能力和金屬離子的氧化能力的趨勢

- 在電化序中，位置較高的金屬較易失去電子生成離子，所以它們是強還原劑。
- 另一方面，電化序中位置較高的金屬離子獲得電子生成金屬的傾向較低，所以它們是弱氧化劑。

20.3 以失去和獲得電子來定義氧化作用和還原作用 (頁49)

- 金屬的電化序顯示如下：

金屬離子				金屬
$K^{+}(aq)$	+	e^{-}	$\rightleftharpoons$	$K(s)$
$Ca^{2+}(aq)$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Ca(s)$
$Na^{+}(aq)$	+	e^{-}	$\rightleftharpoons$	$Na(s)$
$Mg^{2+}(aq)$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Mg(s)$
$Al^{3+}(aq)$	+	$3e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Al(s)$
$Zn^{2+}(aq)$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Zn(s)$
$Fe^{2+}(aq)$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Fe(s)$
$Pb^{2+}(aq)$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Pb(s)$
$2H^{+}(aq)$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$H_2(g)$
$Cu^{2+}(aq)$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Cu(s)$
$Ag^{+}(aq)$	+	e^{-}	$\rightleftharpoons$	$Ag(s)$
$Au^{+}(aq)$	+	e^{-}	$\rightleftharpoons$	$Au(s)$

金屬離子的氧化能力依次遞增

金屬的還原能力依次遞增

20.3 以失去和獲得電子來定義氧化作用和還原作用 (頁49)

在電化序中位置較高的金屬是強還原劑，它們的離子則是弱氧化劑。

- 沿着電化序由上至下，金屬逐漸變成弱還原劑，它們的離子的氧化能力則遞增。

20.3 以失去和獲得電子來定義氧化作用和還原作用 (頁49)

- 電化序中位置在氫之上的金屬是較氫強的還原劑，可把氫離子還原成氫氣。例如，鎂可把稀氫氯酸中的氫離子還原成氫氣。

$$Mg(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$$

- 電化序中位置在氫之下的金屬則不會與酸反應，例如，銅和銀不會與氫氯酸反應。

20.3 以失去和獲得電子來定義氧化作用和還原作用 (頁49)

小測試 20.2

1 鐵與氯根據以下方程式反應。

$$2Fe(s) + 3Cl_2(g) \longrightarrow 2FeCl_3(s)$$

根據電子的得失，解釋為甚麼上述反應是氧化還原反應。

鐵失去電子，它進行氧化作用。
氯獲得電子，它進行還原作用。
因此，這是氧化還原反應。

2 就下列每項反應，指出畫有底線的化學物種被氧化、被還原抑或兩者皆不是。

a) $\underline{Mg(s)} + H_2SO_4(aq) \longrightarrow MgSO_4(aq) + H_2(g)$

Mg(s) 失去電子，它被氧化。

b) $\underline{Ag^+(aq)} + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s)$

$Ag^+(aq)$ 沒有失去 / 獲得電子，它沒有被氧化或還原。

20.3 以失去和獲得電子來定義氧化作用和還原作用 (頁49)

小測試 20.2 (續)

3 三種金屬離子的氧化能力的遞增次序顯示如下：

$Rh^{2+}(aq) < Pd^{2+}(aq) < Pt^{2+}(aq)$

完成下表，展示金屬 Rh、Pd 和 Pt 與它們的離子之間會否進行置換反應。

金屬 / 離子	Rh	Pd	Pt
$Rh^{2+}(aq)$	—	✘	✘
$Pd^{2+}(aq)$	✔	—	✘
$Pt^{2+}(aq)$	✔	✔	—

20.4 氧化數 (頁54)

- 元素的氧化數是根據一系列規則而訂定的「想像性電荷」。訂定元素在化合物中的氧化數時，假設了涉及的化合物是離子化合物。

訂定氧化數的規則

以下是訂定氧化數的規則。

1 元素的氧化數是零。
例如：在 O_2 中氧的氧化數是零。

2 單原子離子中元素的氧化數與該離子的電荷相同。
例如：在 Fe^{2+} 離子中鐵的氧化數是 +2。

20.4 氧化數 (頁54)

訂定氧化數的規則

3 在不帶電荷的化合物中，所有元素的氧化數的總和是零。
例如：在氯化鈉（NaCl）中，鈉的氧化數（+1）加氯的氧化數（–1）等於零。

4 在多原子離子中，所有元素的氧化數總和等於該離子所帶的電荷。
例如：在硫酸根離子（SO_4^{2-}）中，硫的氧化數（+6）加 4 乘以氧的氧化數（–2）等於 –2。

20.4 氧化數 (頁54)

訂定氧化數的規則

5　一些元素在其化合物中有固定的氧化數。

元素	氧化數
第 I 族金屬	+1
第 II 族金屬	+2
氟	–1
氫	+1 (與活潑金屬結合的氫除外， 例如在氫化鈉 (NaH) 中氫的氧化數是 –1)
氧	–2 (少數的化合物除外，例如在過氧化氫 (H_2O_2) 中氧的氧化數是 –1、在二氟化氧 (OF_2) 中則是 +2)

20.4 氧化數 (頁54)

問 (例題 20.1)

計算在下列化學物種中氮的氧化數：

a) NH_3
b) NO_2^-
c) NO_3^-

答

a) 在 NH_3 中 H 的氧化數是 +1。
假設在 NH_3 中 N 的氧化數是 x。
$x + 3 \times (+1) = 0$
$\therefore x = +3$

b) 在 NO_2^- 中 O 的氧化數是 –2。
假設在 NO_2^- 中 N 的氧化數是 x。
$x + 2 \times (-2) = -1$
$\therefore x = +3$

20.4 氧化數 (頁54)

問 (例題 20.1) (續)

答

c) 在 NO_3^- 中 O 的氧化數是 –2。
假設在 NO_3^- 中 N 的氧化數是 x。
$x + 3 \times (-2) = -1$
$\therefore x = +5$

20.4 氧化數 (頁54)

問 (例題 20.2)

計算在下列化學物種中氯的氧化數：

a) NaOCl
b) ClO_2^-
c) $HClO_3$

答

a) 在 NaOCl 中 Na 和 O 的氧化數分別是 +1 和 –2。
假設在 NaOCl 中 Cl 的氧化數是 x。
$+1 + (-2) + x = 0$
$\therefore x = +1$

b) 在 ClO_2^- 中 O 的氧化數是 –2。
假設在 ClO_2^- 中 Cl 的氧化數是 x。
$x + 2 \times (-2) = -1$
$\therefore x = +3$

20.4 氧化數 (頁54)

問 (例題 20.2) (續)

答

c) 在 $HClO_3$ 中 H 和 O in $HClO_3$ 的氧化數分別是 +1 和 –2。
假設在 $HClO_3$ 中 Cl 的氧化數是 x。
$(+1) + x + 3 \times (-2) = 0$
$\therefore x = +5$

20.4 氧化數 (頁54)

小測試 20.3

計算在下列每個化學物種中畫有底線的元素的氧化數：

a) $\underline{S}O_2$

b) $KH\underline{S}O_4$

c) $\underline{O}_2F_2$

d) $Na_3\underline{P}O_4$

e) $\underline{Mn}O_4^-$

f) $[\underline{Cu}Cl_4]^{2-}$

20.4 氧化數 (頁54)

小測試 20.3 (續)

a) O 在 SO_2 中的氧化數是 –2。
假設 S 在 SO_2 中的氧化數是 x。
$x + 2 \times (-2) = 0$
$\therefore x = +4$

b) K、H 和 O 在 $KHSO_4$ 中的氧化數分別是 +1、+1 和 –2。
假設 S 在 $KHSO_4$ 中的氧化數是 x。
$(+1) + (+1) + x + 4 \times (-2) = 0$
$\therefore x = +6$

c) F 在 O_2F_2 中的氧化數是 –1。
假設 O 在 O_2F_2 中的氧化數是 x。
$2x + 2 \times (-1) = 0$
$\therefore x = +1$

20.4 氧化數 (頁54)

小測試 20.3 (續)

d) Na_3PO_4 含有 Na^+ 離子和 PO_4^{3-} 離子。
O 在 PO_4^{3-} 中的氧化數是 –2。
假設 P 在 PO_4^{3-} 中的氧化數是 x。
$x + 4 \times (-2) = -3$
$\therefore x = +5$

e) O 在 MnO_4^- 中的氧化數是 –2。
假設 Mn 在 MnO_4^- 中的氧化數是 x。
$x + 4 \times (-2) = -1$
$\therefore x = +7$

f) Cl 在 $[CuCl_4]^{2-}$ 中的氧化數是 –1。
假設 Cu 在 $[CuCl_4]^{2-}$ 中的氧化數是 x。
$x + 4 \times (-1) = -2$
$\therefore x = +2$

20.5 以氧化數的改變來定義氧化作用和還原作用 (頁57)

- 考慮以下的半方程式：

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

$$Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$$

$$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$$

以上化學物種均失去電子，所以它們進行的是氧化作用。

- 值得注意的是每個化學物種中元素的氧化數均增加：
  - Zn 的氧化數由 0 增至 +2；
  - Fe 的氧化數由 +2 增至 +3；
  - I 的氧化數由 –1 增至 0。

20.5 以氧化數的改變來定義氧化作用和還原作用 (頁57)

- 考慮以下的半方程式：

$$Br_2(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Br^-(aq)$$
$$Cr^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Cr^{2+}(aq)$$
$$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$$

以上化學物種均獲得電子，所以它們進行的是還原作用。

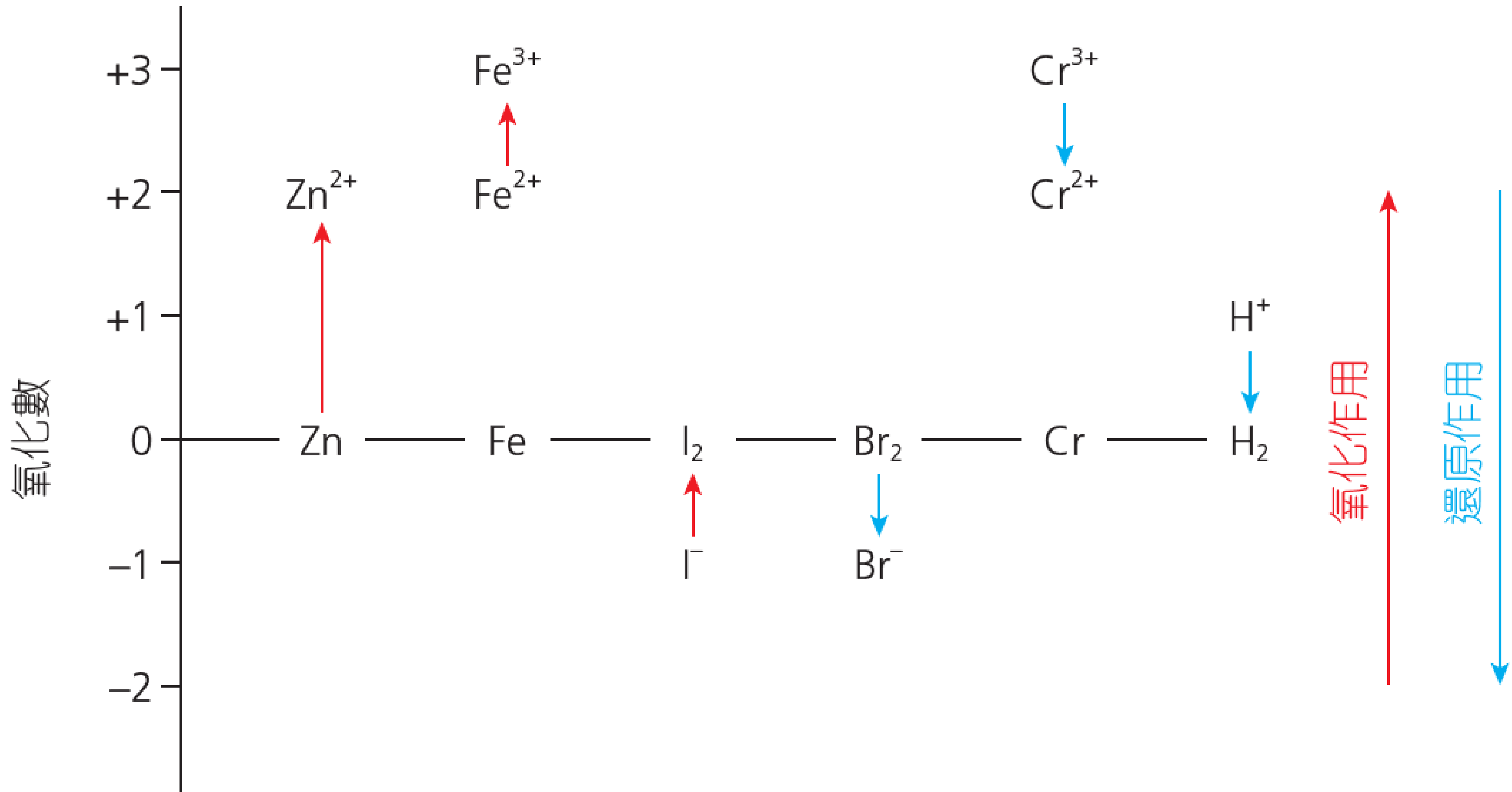
- 值得注意的是每個化學物種中元素的氧化數均減少：
  - Br 的氧化數由 0 減至 –1；
  - Cr 的氧化數由 +3 減至 +2；
  - H 的氧化數由 +1 減至 0。

20.5 以氧化數的改變來定義氧化作用和還原作用 (頁57)

氧化作用是化學物種中某一元素的氧化數增加的過程。

還原作用是化學物種中某一元素的氧化數減少的過程。

20.5 以氧化數的改變來定義氧化作用和還原作用 (頁57)



上述的元素的氧化數的變化

20.5 以氧化數的改變來定義氧化作用和還原作用 (頁57)

- 氧化作用和還原作用的各種定義。

所根據的定義	氧化作用	還原作用
氧的得失	獲得氧	失去氧
氫的得失	失去氫	獲得氫
電子的得失	失去電子	獲得電子
氧化數的變化	氧化數增加	氧化數減少

20.5 以氧化數的改變來定義氧化作用和還原作用 (頁57)

氧化劑和還原劑

- 鋅與濃硝酸反應時，鋅和氮的氧化數的變化如下所示。

$$\underset{0}{Zn(s)} + 4H\underset{+5}{N}O_3(aq) \longrightarrow \underset{+2}{Zn}(NO_3)_2(aq) + 2\underset{+4}{N}O_2(g) + 2H_2O(l)$$

氧化數 0 +5 +2 +4

- 鋅的氧化數由 0 增至 +2，所以鋅進行的是氧化作用。
- 氮的氧化數由 +5 減至 +4，所以濃硝酸進行的是還原作用。

20.5 以氧化數的改變來定義氧化作用和還原作用 (頁57)

- 在鋅與濃硝酸的反應中，鋅是還原劑，濃硝酸則是氧化劑。

氧化劑；
N 的氧化數減少

$$\underset{\text{還原劑；Zn 的氧化數增加}}{Zn(s)} + \overset{\text{氧化劑；N 的氧化數減少}}{4HNO_3(aq)} \longrightarrow Zn(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

還原劑；
Zn 的氧化數增加

20.5 以氧化數的改變來定義氧化作用和還原作用 (頁57)

氧化劑可令另一化學物種中某一元素的氧化數增加。
氧化劑中某一元素的氧化數則減少。

還原劑可令另一化學物種中某一元素的氧化數減少。
還原劑中某一元素的氧化數則增加。

20.5 以氧化數的改變來定義氧化作用和還原作用 (頁57)

- 氧化劑和還原劑的一些特徵顯示如下。

氧化劑	還原劑
導致氧化作用	導致還原作用
自身被還原	自身被氧化
失去氧	獲得氧
獲得氫	失去氫
獲得電子	失去電子
當中某一元素的氧化數減少	當中某一元素的氧化數增加

20.6 利用氧化數辨認氧化還原反應 (頁60)

- 按照以下步驟可辨認氧化還原反應：
  - 推定方程式涉及的化學物種中元素的氧化數；
  - 細察元素的氧化數有否改變。如果元素的氧化數有變化，即是該反應是氧化還原反應。如果化學反應中元素的氧化數沒有變化，該反應便不是氧化還原反應。

20.6 利用氧化數辨認氧化還原反應 (頁60)

問 (例題 20.3)

根據氧化數有否改變，辨認下列每項反應是否氧化還原反應。

a) $Cu(s) + 2AgNO_3(aq) \longrightarrow 2Ag(s) + Cu(NO_3)_2(aq)$

b) $2KClO_3(s) \longrightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g)$

c) $Ca(HCO_3)_2(aq) \longrightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$

答

考慮每條方程式，並推定化學物種中元素的氧化數。

a) $Cu(s) + 2AgNO_3(aq) \longrightarrow 2Ag(s) + Cu(NO_3)_2(aq)$

Cu	0			+2	氧化數增加
Ag		+1	0		氧化數減少

因此，這是氧化還原反應。

20.6 利用氧化數辨認氧化還原反應 (頁60)

問 (例題 20.3) (續)

答

b) $2KClO_3(s) \longrightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g)$

Cl	+5	–1	氧化數減少
O	–2	0	氧化數增加

因此，這是氧化還原反應。

20.6 利用氧化數辨認氧化還原反應 (頁60)

問 (例題 20.3) (續)

答

c) $Ca(HCO_3)_2(aq) \longrightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$

Ca	+2	+2		
H	+1		+1	
C	+4	+4		+4
O	–2	–2	–2	–2

所有元素的氧化數均保持不變，因此這並不是氧化還原反應。

20.6 利用氧化數辨認氧化還原反應 (頁60)

<u>小測試 20.4</u>

1 根據氧化數有否改變，辨認下列每項反應是否氧化還原反應。

a) $SO_2(g) + 2H_2S(g) \longrightarrow 3S(s) + 2H_2O(l)$

b) $MgO(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2O(l)$

c) $2Al(s) + 3H_2SO_4(aq) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 3H_2(g)$

2 碘化鉀溶液因以下氧化還原反應隨時間變黃。

$4KI(aq) + 2CO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2K_2CO_3(aq) + 2I_2(aq)$

a) 辨認其中的氧化劑和還原劑。

b) 解釋為甚麼碘化鉀溶液變黃。

20.6 利用氧化數辨認氧化還原反應 (頁60)

小測試 20.4 (續)

a) $SO_2(g) + 2H_2S(g) \longrightarrow 3S(s) + 2H_2O(l)$

S在SO_2中	+4		0	氧化數減少
S在H_2S中		−2	0	氧化數增加

因此，這是氧化還原反應。

b) $MgO(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2O(l)$

Mg	+2		+2	
O	−2			−2
H		+1		+1
Cl		−1	−1	

所有元素的氧化數均保持不變。

因此，這不是氧化還原反應。

c) $2Al(s) + 3H_2SO_4(aq) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 3H_2(g)$

Al	0		+3		氧化數增加
H		+1		0	氧化數減少

因此，這是氧化還原反應。

20.6 利用氧化數辨認氧化還原反應 (頁60)

小測試 20.4 (續)

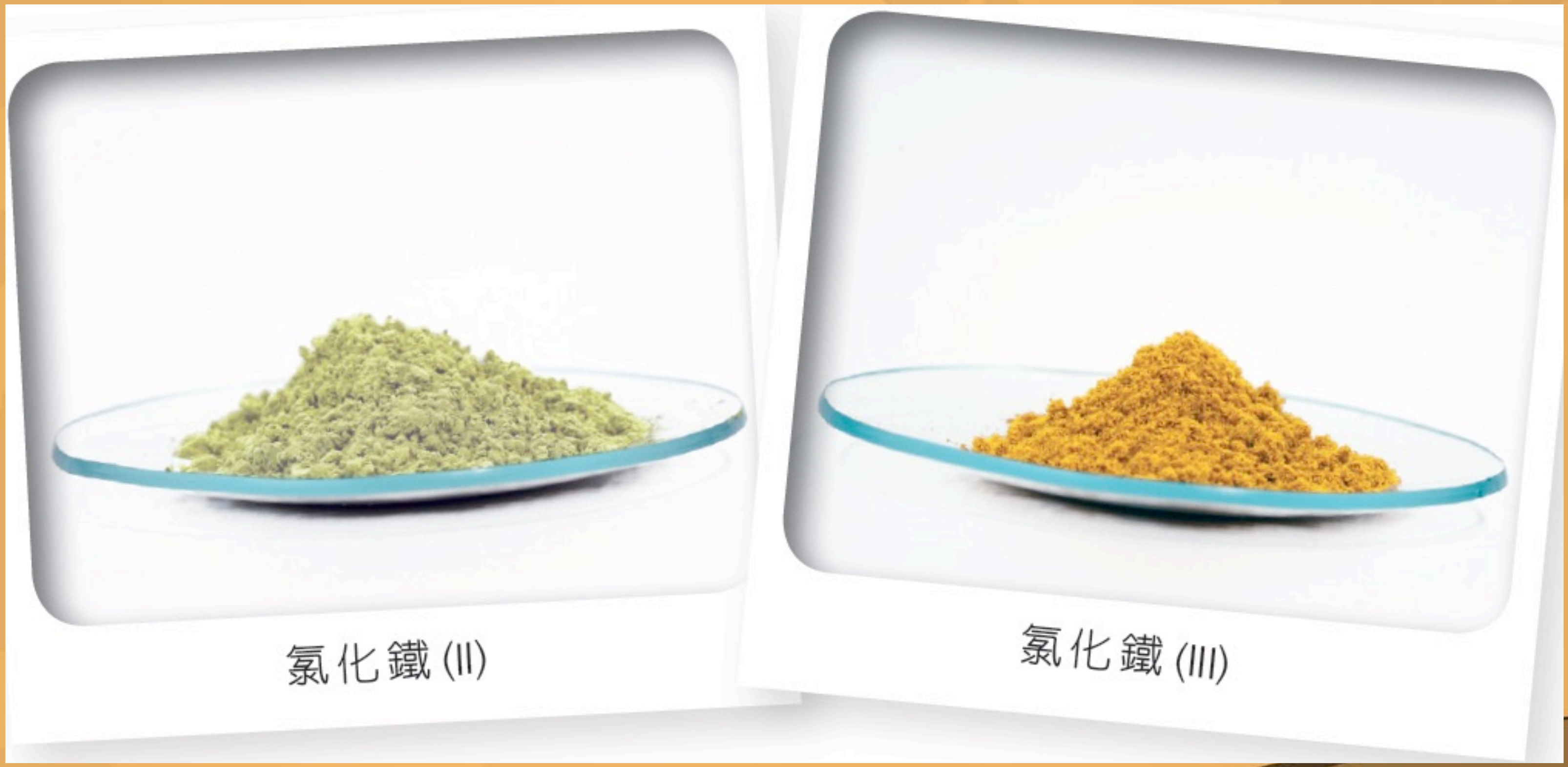
2 a) 氧化劑：$O_2(g)$
還原劑：$KI(aq)$
b) 因為有 $I_2(aq)$ 生成。

20.7 無機化合物的命名 (頁62)

- **司托克系統 (stock system)** 以氧化數的概念來命名無機化合物。
- 一些化合物和離子所含的元素能展示多於一個的氧化數。命名這類化合物和離子時，需加上括號並在括號內寫上羅馬數字，顯示涉及元素的氧化數。

20.7 無機化合物的命名 (頁62)

- 例如，兩種鐵的氯化物分別命名為氯化鐵(II) 和氯化鐵(III) 。



氯化鐵(II) 和氯化鐵(III)

20.7 無機化合物的命名 (頁62)

- 在氯化鐵(II) 中，鐵的氧化數是 +2。該化合物含有 Fe^{2+} 離子，其化學式為 $FeCl_2$。
- 在氯化鐵(III) 中，鐵的氧化數是 +3。該化合物含有 Fe^{3+} 離子，其化學式為 $FeCl_3$。
- 司托克系統適用於命名含能展示多於一個氧化數的元素的化學物種，例如含過渡金屬，以及含週期表第 IV 族中的錫和鉛的化學物種。
- 命名含第 I、第 II 及第 III 族金屬的化學物種，則不需要標示金屬的氧化數，例如鈣的氧化物是氧化鈣而非氧化鈣(II)。

20.7 無機化合物的命名 (頁62)

含氧陰離子的命名

- 在司托克系統中，含氧陰離子的名稱通常以「酸根離子」結尾，以顯示氧的存在。
- 除了顯示有氧存在外，含氧陰離子的名稱亦需要顯示其中央元素的氧化數。
- 例如，在 NO_2^- 離子中 N 的氧化數是 +3，所以 NO_2^- 離子稱為硝(III) 酸根離子。在 NO_3^- 離子中 N 的氧化數是 +5，所以 NO_3^- 離子稱為硝(V) 酸根離子。

20.7 無機化合物的命名 (頁62)

- 含氧陰離子的命名的一些例子。

含氧陰離子的化學式	中央元素的氧化數	司托克系統名稱	通用名稱
CrO_4^{2-}	+6	鉻 (VI) 酸根離子	鉻酸根離子
$Cr_2O_7^{2-}$	+6	重鉻 (VI) 酸根離子	重鉻酸根離子
MnO_4^{2-}	+6	錳 (VI) 酸根離子	錳酸根離子
MnO_4^-	+7	錳 (VII) 酸根離子	高錳酸根離子
OCl^-	+1	氯 (I) 酸根離子	次氯酸根離子
ClO_3^-	+5	氯 (V) 酸根離子	氯酸根離子
SO_3^{2-}	+4	硫 (IV) 酸根離子	亞硫酸根離子
SO_4^{2-}	+6	硫 (VI) 酸根離子	硫酸根離子

20.7 無機化合物的命名 (頁62)

小測試 20.5

寫出下列每個離子的化學式。

離子	離子所帶電荷	化學式
硝 (V) 酸根離子	–1	NO_3^-
硫 (IV) 酸根離子	–2	SO_3^{2-}
氯 (III) 酸根離子	–1	ClO_2^-

20.8 氧化作用和還原作用的半方程式 (頁64)

- 在氧化還原反應中，氧化作用和還原作用必須同時發生。一種化學物種被氧化的同時，另一種則被還原。
- 氧化還原反應可分成兩項半反應，並以半方程式表示涉及的半反應和電子的得失。
- 把鋅加入稀氫氯酸時，鋅被氧化成鋅離子，其半方程式顯示如下：

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

20.8 氧化作用和還原作用的半方程式 (頁64)

- 在書寫半方程式時，應留意以下兩要點：
  - 這是氧化作用，所以電子應在方程式的右方。
  - 方程式兩方的電荷和原子數目均需平衡。在這例子中，方程式兩方的電荷總和都是零。

- 在鋅和稀氫氯酸的反應中，氫離子被還原成氫，其半方程式顯示如下：

$$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$$

這是還原作用，所以電子在方程式的左方。

20.8 氧化作用和還原作用的半方程式 (頁64)

較複雜的半方程式

- 一些氧化劑需在有酸的條件下才能反應。
- 例如，在有稀硫酸的條件下，高錳酸鉀溶液是強氧化劑，在氧化還原反應中，高錳酸根離子（MnO_4^-）被還原成錳(II) 離子（Mn^{2+}）。

$$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + xe^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$$

其中 x 是電子的數目。

- 應在方程式的左方加上氫離子，與MnO_4^- 離子中的氧原子結合生成水。MnO_4^- 離子中有四個氧原子，所以需與八個氫離子結合，生成四個水分子。

20.8 氧化作用和還原作用的半方程式 (頁64)

- 可用以下其中一種方法找出 x 的數值：
  - 方程式兩方的電荷必需配平。右方的電荷是 +2，左方的電荷是：
    $-1 + 8 - x = 7 - x$
    方程式兩方的電荷必需相同，即是等於 +2，所以
    $$7 - x = +2$$
    $$x = 7 - 2$$
    $$= 5$$
    方程式左方應有 5 個電子。正確的半方程式是：
    $$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$$

20.8 氧化作用和還原作用的半方程式 (頁64)

- 可用以下其中一種方法找出 x 的數值：
  - 錳的氧化數由 +7 減至 +2，相差 5，所以方程式左方應有 5 個電子。正確的半方程式是：

$$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$$

20.8 氧化作用和還原作用的半方程式 (頁64)

- 可依照下列步驟寫出化學物種在酸性溶液中反應的半方程式：
  1 除了氫和氧外，配平所有原子的數目。
  2 在方程式缺乏氧的一方加上 H_2O，配平氧原子的數目。
  3 在方程式缺乏氫的一方加上 H^+，配平氫原子的數目。
  4 在方程式缺乏負電荷的一方加上 e^-，配平電荷。

20.8 氧化作用和還原作用的半方程式 (頁64)

問 (例題 20.4)

寫出重鉻酸根離子在酸性溶液中被還原成鉻(III) 離子的半方程式。

答

1 除了氫和氧外，配平所有原子的數目。	$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+}$
2 在方程式缺乏氧的一方加上 H_2O，配平氧原子的數目。	方程式左方有 7 個氧原子，右方則沒有，所以在右方加上 $7H_2O$： $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$
3 在方程式缺乏氫的一方加上 H^+，配平氫原子的數目。	方程式右方有 14 個氫原子，左方則沒有，所以在左方加上 $14H^+$： $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$
4 在方程式缺乏負電荷的一方加上 e^-，配平電荷。	該半方程式是： $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + xe^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$ 可用兩種方法找出 x 的數值： • 方程式右方的電荷是 +6，所以左方的電荷亦是 +6。 $(-2) + 14 \times (+1) - x = +6$ $x = 6$ • 鉻在 $Cr_2O_7^{2-}$ 中的氧化數是 +6，在 Cr^{3+} 中則是 +3，相差 3。該反應涉及兩個鉻原子，所以氧化數共相差 6，即是方程式左方應有 6 個電子。 因此，該半方程式是： $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$

20.8 氧化作用和還原作用的半方程式 (頁64)

問 (例題 20.5)

寫出亞硫酸根離子被氧化成硫酸根離子的半方程式。

答

1 除了氫和氧外，配平所有原子的數目。	$SO_3^{2-} \longrightarrow SO_4^{2-}$
2 在方程式缺乏氧的一方加上 H_2O，配平氧原子的數目。	方程式右方比左方多 1 個氧原子，所以在左方加上 $1H_2O$： $SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-}$
3 在方程式缺乏氫的一方加上 H^+，配平氫原子的數目。	方程式左方有 2 個氫原子，右方則沒有，所以在右方加上 $2H^+$： $SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+$
4 在方程式缺乏負電荷的一方加上 e^-，配平電荷。	該半方程式是： $SO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2H^+(aq) + xe^-$ 可用兩種方法找出 x 的數值： • 方程式左方的電荷是 –2，所以右方的電荷亦是 –2。 $(-2) + 2 \times (+1) - x = -2$ $x = 2$ • 硫在 SO_3^{2-} 中的氧化數是 +4，在 SO_4^{2-} 中則是 +6，相差 2，即是方程式右方應有 2 個電子。 因此，該半方程式是： $SO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2H^+(aq) + 2e^-$

20.8 氧化作用和還原作用的半方程式 (頁64)

小測試 20.6

寫出下列過程的半方程式：

a) 鐵被氧化成鐵(III) 離子；

$Fe(s) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + 3e^-$

b) 硝酸根離子被還原成一氧化氮；

$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$

c) 溴酸根離子（BrO_3^-）被還原成溴（Br_2）。

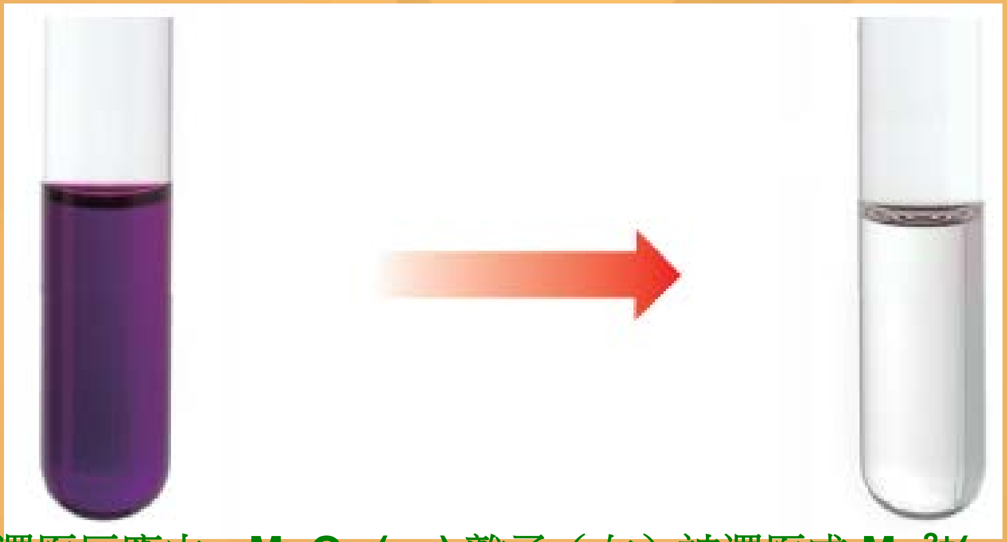
$2BrO_3^-(aq) + 12H^+(aq) + 10e^- \longrightarrow Br_2(aq) + 6H_2O(l)$

20.9 常用的氧化劑 (頁69)

酸化高錳酸鉀溶液

- 在氧化還原反應中，高錳酸根離子在酸性條件下被還原成錳(II)離子。

$$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$$



在氧化還原反應中，**MnO_4^-(aq)** 離子（左）被還原成 **Mn^{2+}(aq)** 離子（右）

20.9 常用的氧化劑 (頁69)

酸化重鉻酸鉀溶液

- 在氧化還原反應中，橙色的重鉻酸根離子在酸性條件下被還原成綠色的鉻(III) 離子。

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$$

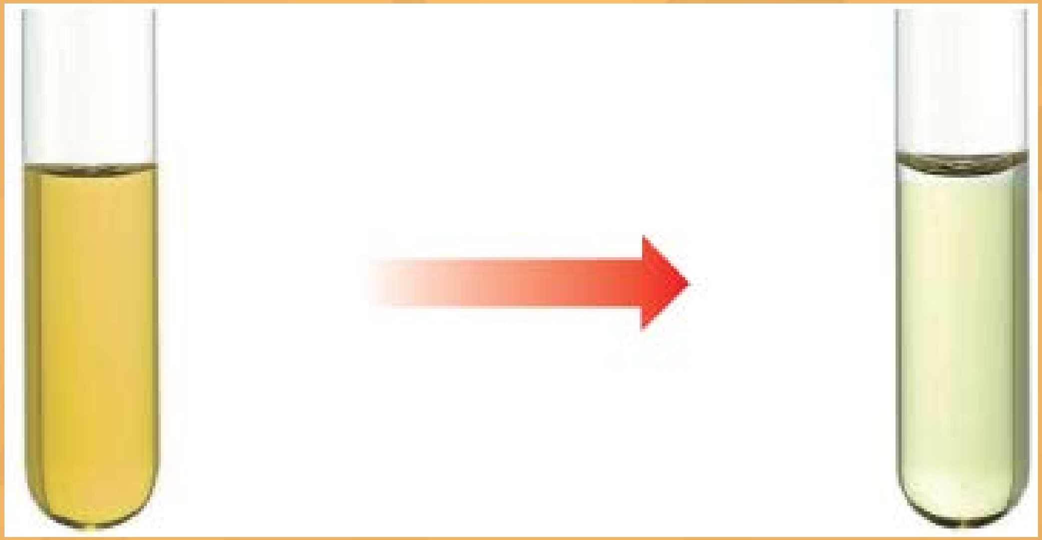
在氧化還原反應中，**$Cr_2O_7^{2-}$(aq)** 離子（左）被還原成**Cr^{3+}(aq)** 離子（右）

20.9 常用的氧化劑 (頁69)

鐵(III) 離子

- 在氧化還原反應中，棕黃色的鐵(III) 離子被還原成淡綠色的鐵(II) 離子。

$$Fe^{3+}(aq) + e^{-} \longrightarrow Fe^{2+}(aq)$$



在氧化還原反應中，Fe^{3+}(aq) 離子（左）被還原成Fe^{2+}(aq) 離子（右）

20.9 常用的氧化劑 (頁69)

氯水

- 氯微溶於水，生成淡綠色溶液。在氧化還原反應中，氯水被還原成無色的氯離子。

$$Cl_2(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$$

20.9 常用的氧化劑 (頁69)

稀硝酸

- 在氧化還原反應中，無色的稀硝酸（約 1.5 mol dm^{-3}）被還原成無色的一氧化氮氣體。

$$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$$

- 一氧化氮氣體與空氣混合時，會與空氣中的氧反應，生成棕色的二氧化氮氣體。

$$2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$$

20.9 常用的氧化劑 (頁69)

濃硝酸

- 在氧化還原反應中，無色的濃硝酸（約15 mol dm^{-3}）被還原成棕色的二氧化氮氣體。

$$NO_3^-(aq) + 2H^+(aq) + e^- \longrightarrow NO_2(g) + H_2O(l)$$

反應中濃硝酸作為氧化劑時，會釋出棕色的二氧化氮氣體

20.9 常用的氧化劑 (頁69)

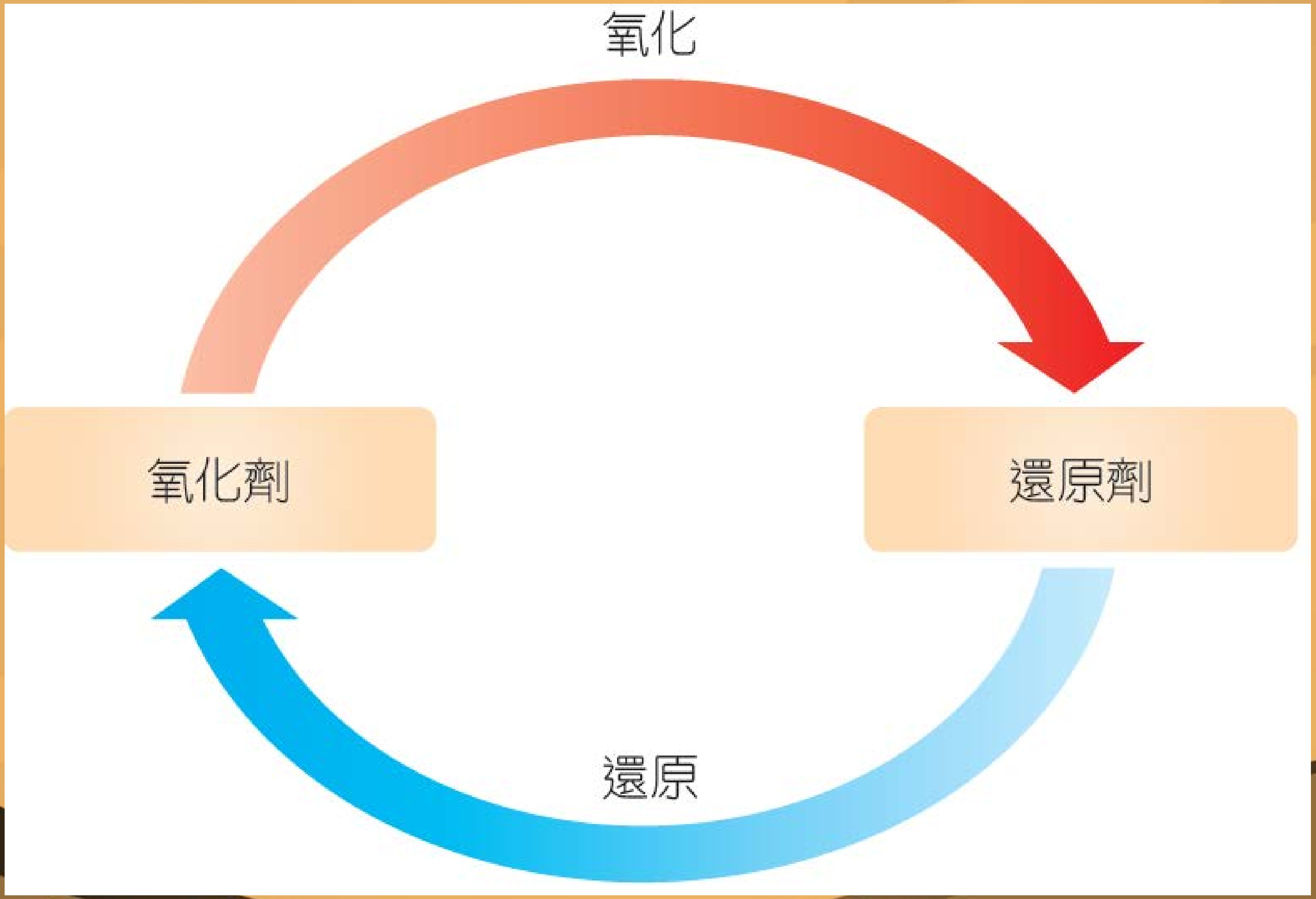
濃硫酸

- 在氧化還原反應中，無色的濃硫酸被還原成無色的二氧化硫氣體。

$$H_2SO_4(l) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow SO_2(g) + 2H_2O(l)$$

20.10 常用的還原劑 (頁72)

- 導致另一化學物種進行還原作用的化學物種稱為還原劑。



20.10 常用的還原劑 (頁72)

亞硫酸根離子

- 在氧化還原反應中，無色的亞硫酸根離子被氧化成無色的硫酸根離子。

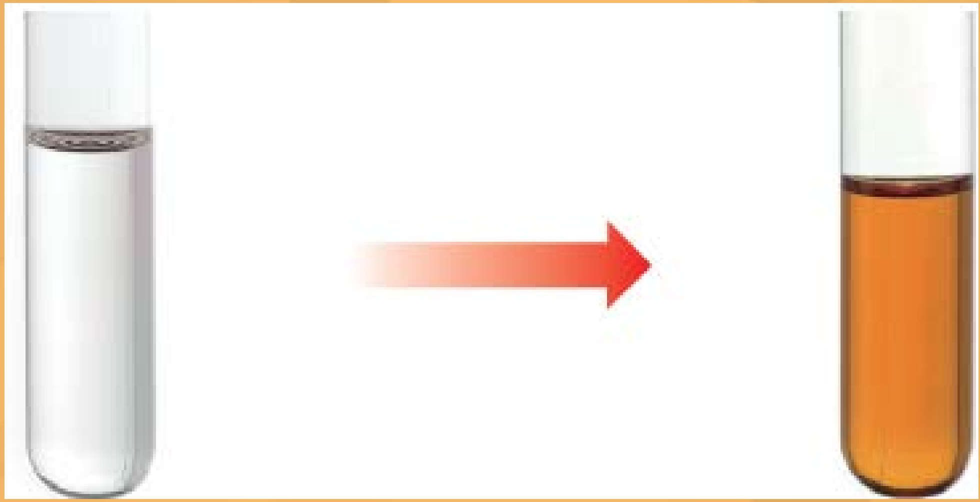
$$SO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2H^+(aq) + 2e^-$$

20.10 常用的還原劑 (頁72)

碘離子

- 在氧化還原反應中， 無色的碘離子被氧化成棕色的碘。

$$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$$



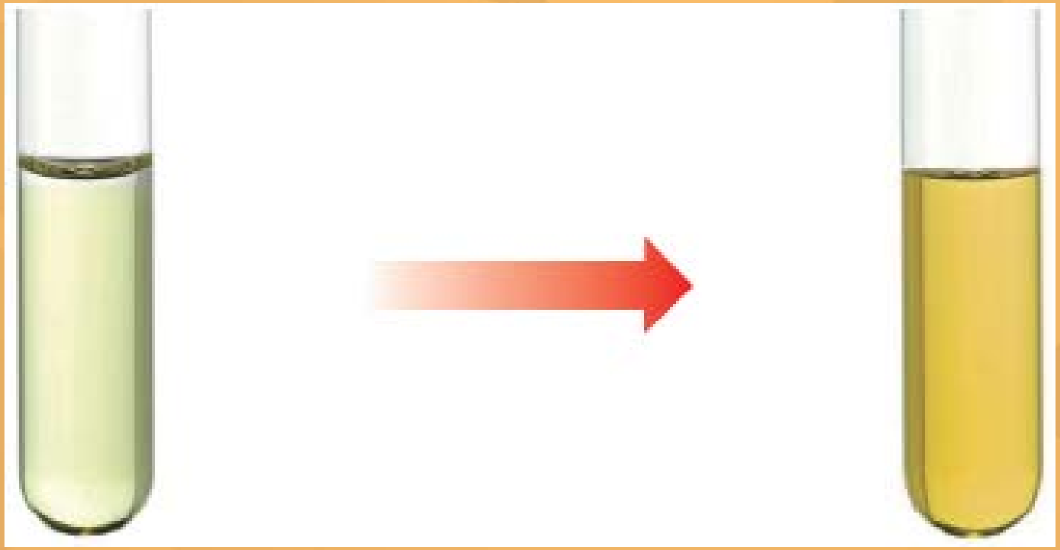
在氧化還原反應中，**I^-(aq)** 離子（左）被氧化成**I_2(aq)**（右）

20.10 常用的還原劑 (頁72)

鐵(II) 離子

- 在氧化還原反應中，淡綠色的鐵(II) 離子被氧化成棕黃色的鐵(III) 離子。

$$Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$$



在氧化還原反應中，**Fe^{2+}(aq)** 離子（左）被氧化成**Fe^{3+}(aq)** 離子（右）

20.10 常用的還原劑 (頁72)

鋅

- 在氧化還原反應中，鋅被氧化成無色的鋅離子。

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

20.10 常用的還原劑 (頁72)

小測試 20.7

1 考慮含鐵(II) 離子與銀離子的溶液之間的反應。

$$Fe^{2+}(aq) + Ag^{+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + Ag(s)$$

a) 描述硫酸鐵(II) 溶液與硝酸銀溶液混合時所預期的觀察結果。

該溶液由綠色變成黃色 / 橙色 / 棕色。
有灰色 / 黑色固體生成。

b) 指出哪個化學物種在該反應中被氧化，並加以解釋。

$Fe^{2+}(aq)$ 被氧化。
Fe 的氧化數由+2 增至+3。

20.10 常用的還原劑 (頁72)

小測試 20.7 (續)

2 在一實驗中，把碘化鉀溶液加入酸化重鉻酸鉀溶液直至過量。

a) 辨認涉及的氧化劑和還原劑。

氧化劑：酸化重鉻酸鉀溶液
還原劑：碘化鉀溶液

b) 指出預期的觀察結果。

有棕色溶液生成。

c) 就涉及的變化，寫出半方程式。

$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$

$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$

20.11 利用半方程式配平氧化還原反應的半方程式 (頁74)

- 合併氧化作用和還原作用的半方程式可得出氧化還原反應的總方程式，步驟如下：

  1 把兩條半方程式各乘以一個整數，使兩條半方程式涉及的電子的數目相等。

  2 合併兩條半方程式，並消去電子及方程式左右兩方相同的化學物種。

探究氧化還原反應 參

20.11利用半方程式配平氧化還原反應的半方程式 (頁74)

- 把氯水加入氯化鐵(II) 溶液時，鐵(II) 離子被氧化成鐵(III) 離子，氯原子則被還原成氯離子。

  兩條半方程式分別是：

  $Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$ 氧化作用

  $Cl_2(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$ 還原作用

  1 把第一條半方程式乘以 2，使兩條半方程式涉及的電子的數目相等。

  2 合併兩條半方程式：

$$2Fe^{2+}(aq) \longrightarrow 2Fe^{3+}(aq) + 2e^-$$
$$Cl_2(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$$
$$2Fe^{2+}(aq) + Cl_2(aq) + \cancel{2e^-} \longrightarrow 2Fe^{3+}(aq) + 2Cl^-(aq) + \cancel{2e^-}$$

消去電子以獲得該氧化還原反應的總方程式：

$$2Fe^{2+}(aq) + Cl_2(aq) \longrightarrow 2Fe^{3+}(aq) + 2Cl^-(aq)$$

20.11利用半方程式配平氧化還原反應的半方程式 (頁74)

問 (例題 20.6)

酸化高錳酸根離子把錫(II) 離子氧化成錫(IV) 離子。在這反應中，酸化高錳酸根離子被還原成錳(II) 離子。
兩條半方程式分別是：
$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$
$Sn^{2+}(aq) \longrightarrow Sn^{4+}(aq) + 2e^-$
推定該氧化還原反應的總方程式。

答

1 把第一條半方程式乘以 2，第二條半方程式乘以 5，使它們涉及的電子的數目相等。

2 合併兩條半方程式：

$$2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 10e^- \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$$
$$5Sn^{2+}(aq) \longrightarrow 5Sn^{4+}(aq) + 10e^-$$

$$2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 5Sn^{2+}(aq) + \cancel{10e^-} \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l) + 5Sn^{4+}(aq) + \cancel{10e^-}$$

消去電子以獲得該氧化還原反應的總方程式：

$$2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 5Sn^{2+}(aq) \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l) + 5Sn^{4+}(aq)$$

20.11利用半方程式配平氧化還原反應的半方程式 (頁74)

問 (例題 20.7)

酸化重鉻酸根離子把亞硫酸根離子氧化成硫酸根離子。在這反應中，酸化重鉻酸根離子被還原成鉻(III) 離子。

兩條半方程式分別是：

$SO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2H^+(aq) + 2e^-$

$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$

推定該氧化還原反應的總方程式。

答

1 把第一條半方程式乘以 3，使兩條半方程式涉及的電子的數目相等。

2 合併兩條半方程式：

$$3SO_3^{2-}(aq) + 3H_2O(l) \longrightarrow 3SO_4^{2-}(aq) + 6H^+(aq) + 6e^-$$

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$$

$$3SO_3^{2-}(aq) + 3H_2O(l) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + \cancel{6e^-} \longrightarrow 3SO_4^{2-}(aq) + 6H^+(aq) + 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) + \cancel{6e^-}$$

20.11利用半方程式配平氧化還原反應的半方程式 (頁74)

問 (例題 20.7) (續)

答

現已消去電子，可是方程式左右兩方出現數目不相等的 H^+ 和 H_2O。

- 把方程式左方的 $14H^+$ 減去右方的 $6H^+$，左方餘下 $8H^+$。
- 把方程式右方的 $7H_2O$ 減去左方的 $3H_2O$，右方餘下 $4H_2O$。

該氧化還原反應的總方程式是：

$$3SO_3^{2-}(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+(aq) \longrightarrow 3SO_4^{2-}(aq) + 2Cr^{3+}(aq) + 4H_2O(l)$$

20.11利用半方程式配平氧化還原反應的半方程式 (頁74)

小測試 20.8

1 酸化重鉻酸根離子可把碘離子氧化成碘。在這反應中，酸化重鉻酸根離子被還原成鉻(III) 離子。
兩條半方程式分別是：
$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$
$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$
推定該氧化還原反應的總方程式。

1　把第二條半方程式乘以 3，使兩條半方程式涉及的電子的數目相等。

2　合併兩條半方程式：

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$$

$$6I^-(aq) \longrightarrow 3I_2(aq) + 6e^-$$

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6I^-(aq) + \cancel{6e^-} \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) + 3I_2(aq) + \cancel{6e^-}$$

消去電子以獲得該氧化還原反應的總方程式：

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6I^-(aq) \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) + 3I_2(aq)$$

20.11利用半方程式配平氧化還原反應的半方程式 (頁74)

小測試 20.8 (續)

2 酸化高錳酸鉀溶液與過氧化氫溶液的反應涉及兩項變化，其半方程式顯示如下：

$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$

$H_2O_2(aq) \longrightarrow 2H^+(aq) + O_2(g) + 2e^-$

推定該氧化還原反應的總方程式。

20.11利用半方程式配平氧化還原反應的半方程式 (頁74)

小測試 20.8 (續)

1 把第一條半方程式乘以 2，第二條半方程式乘以 5，使兩條半方程式涉及的電子的數目相等。

2 合併兩條半方程式：

$$2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 10e^- \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$$

$$5H_2O_2(aq) \longrightarrow 10H^+(aq) + 5O_2(g) + 10e^-$$

$$2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 5H_2O_2(aq) + \cancel{10e^-} \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l) + 10H^+(aq) + 5O_2(g) + \cancel{10e^-}$$

現已消去電子，可是方程式的左右兩方出現數目不相等的 H^+。

把方程式左方的 $16H^+$ 減去右方的 $10H^+$。

該氧化還原反應的總方程式是：

$$2MnO_4^-(aq) + 6H^+(aq) + 5H_2O_2(aq) \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l) + 5O_2(g)$$

20.12 利用氧化數的改變配平氧化還原反應的方程式 (頁77)

- 可用氧化數的改變來配平氧化還原反應的方程式，其背後的原理是其中一種反應物中的某一元素的氧化數的增加，必定等於另一反應物中某一元素的氧化數的減少。

20.12 利用氧化數的改變配平氧化還原反應的方程式 (頁77)

按以下步驟配平氧化還原反應的方程式：

1 辨認反應中氧化數發生改變的元素，其中一種元素的氧化數增加（還原劑），另一種則減少（氧化劑）。
2 計算每個原子的氧化數的改變，並乘以該原子在方程式中的數目。
3 就方程式的反應物一方，在每個反應物的化學式前加上適當的系數，使增加的氧化數等於減少的氧化數。
4 除了氫和氧外，配平方程式中所有原子的數目。
5 如果反應在酸性溶液中進行，在方程式缺乏正電荷一方加上 H^+。
6 在方程式左方或右方加上 H_2O，以配平氧原子的數目。

20.12 利用氧化數的改變配平氧化還原反應的方程式 (頁77)

- 把氯水加入氯化鐵(II) 溶液時，鐵(II) 離子被氧化成鐵(III) 離子，氯原子被還原成氯離子。
  未配平的方程式顯示如下：
  $Fe^{2+}(aq) + Cl_2(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + Cl^-(aq)$
  1 Fe 的氧化數增加，Cl 的氧化數則減少。
  2 Fe 的氧化數由 +2 增至 +3，即是增加 1。
  Cl 的氧化數由 0 減至 –1，即是兩個Cl 原子共減少 2。
  3 在 $Fe^{2+}(aq)$ 前加上系數「2」，使方程式反應物一方增加的氧化數等於減少的氧化數。
  $2Fe^{2+}(aq) + Cl_2(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + Cl^-(aq)$
  4 在 $Fe^{3+}(aq)$ 和 $Cl^-(aq)$ 前加上系數「2」來配平方程式。
  該氧化還原反應的總方程式是：
  $2Fe^{2+}(aq) + Cl_2(aq) \longrightarrow 2Fe^{3+}(aq) + 2Cl^-(aq)$

20.12 利用氧化數的改變配平氧化還原反應的方程式 (頁77)

問 (例題 20.8)

酸化高錳酸根離子可把錫(II) 離子氧化成錫(IV) 離子。在這反應中，酸化高錳酸根離子被還原成錳(II) 離子。

未配平的方程式顯示如下：

$$MnO_4^-(aq) + Sn^{2+}(aq) \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + Sn^{4+}(aq)$$

推定該氧化還原反應的總方程式。

20.12 利用氧化數的改變配平氧化還原反應的方程式 (頁77)

問 (例題 20.8) (續)

答

1 辨認反應中氧化數發生改變的元素。	Mn 的氧化數減少，Sn 的氧化數則增加。
2 計算氧化數的改變。	Mn 的氧化數由 +7 減至 +2，即是減少 5。 Sn 的氧化數由 +2 增至 +4，即是增加 2。
3 在每個反應物的化學式前加上適當的系數，使增加的氧化數等於減少的氧化數。	在反應物的化學式前加上系數，變成 $2MnO_4^-$ 和 $5Sn^{2+}$，使兩個化學物種涉及的氧化數的改變都等於十。 $2MnO_4^-(aq) + 5Sn^{2+}(aq) \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + Sn^{4+}(aq)$
4 除了氫和氧外，配平方程式中所有原子的數目。	在 $Mn^{2+}(aq)$ 前加上系數「2」，在 $Sn^{4+}(aq)$ 前加上系數「5」。 $2MnO_4^-(aq) + 5Sn^{2+}(aq) \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 5Sn^{4+}(aq)$
5 在方程式缺乏正電荷一方加上 H^+。	左方電荷 = 2 x (−1) + 5 x (+2) = +8 右方電荷 = 2 x (+2) + 5 x (+4) = +24 在左方加上 $16H^+$。 $2MnO_4^-(aq) + 5Sn^{2+}(aq) + 16H^+(aq) \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 5Sn^{4+}(aq)$
6 加上 H_2O 以配平氧原子的數目。	在右方加上 $8H_2O$。 該氧化還原反應的總方程式是： $2MnO_4^-(aq) + 5Sn^{2+}(aq) + 16H^+(aq) \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 5Sn^{4+}(aq) + 8H_2O(l)$

20.12 利用氧化數的改變配平氧化還原反應的方程式 (頁77)

問 (例題 20.9)

酸化重鉻酸根離子把亞硫酸根離子氧化成硫酸根離子。在這反應中，酸化重鉻酸根離子被還原成鉻(III) 離子。

未配平的方程式顯示如下：

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + SO_3^{2-}(aq) \longrightarrow Cr^{3+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

推定該氧化還原反應的總方程式。

20.12 利用氧化數的改變配平氧化還原反應的方程式 (頁77)

問 (例題 20.9) (續)

答

1 辨認反應中氧化數發生改變的元素。	Cr 的氧化數減少，S 的氧化數則增加。
2 計算氧化數的改變。	Cr 的氧化數由 +6 減至 +3，即是兩個 Cr 原子共減少 6。 S 的氧化數由 +4 增至 +6，即是增加 2。
3 在每個反應物的化學式前加上適當的系數，使增加的氧化數等於減少的氧化數。	在反應物的化學式前加上系數，變成 $3SO_3^{2-}$，使兩個化學物種涉及的氧化數的改變都等於六。 $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 3SO_3^{2-}(aq) \longrightarrow Cr^{3+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
4 除了氫和氧外，配平方程式中所有原子的數目。	在 $Cr^{3+}(aq)$ 前加上系數「2」，在 $SO_4^{2-}(aq)$ 前加上系數「3」。 $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 3SO_3^{2-}(aq) \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 3SO_4^{2-}(aq)$
5 在方程式缺乏正電荷一方加上 H^+。	左方電荷 = (–2) + 3 x (–2) = –8 右方電荷 = 2 x (+3) + 3 x (–2) = 0 在左方加上 $8H^+$。 $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 3SO_3^{2-}(aq) + 8H^+(aq) \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 3SO_4^{2-}(aq)$
6 加上 H_2O 以配平氧原子的數目。	在右方加上 $4H_2O$。 該氧化還原反應的總方程式是： $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 3SO_3^{2-}(aq) + 8H^+(aq)$ $\longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 3SO_4^{2-}(aq) + 4H_2O(l)$

20.12 利用氧化數的改變配平氧化還原反應的方程式 (頁77)

小測試 20.9

1 配平下列氧化還原反應的方程式。

a) $Zn(s) + \underline{\ 2\ }V^{3+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + \underline{\ 2\ }V^{2+}(aq)$

b) $2IO_3^-(aq) + \underline{\ 5\ }H_2O_2(aq) + \underline{\ 2\ }H^+(aq)$
$\longrightarrow I_2(aq) + \underline{\ 5\ }O_2(g) + \underline{\ 6\ }H_2O(l)$

20.12 利用氧化數的改變配平氧化還原反應的方程式 (頁77)

小測試 20.9 (續)

2　酸化重鉻酸根離子可把鐵(II) 離子氧化成鐵(III) 離子。在這反應中，酸化重鉻酸根離子被還原成鉻(III) 離子。
未配平的方程式顯示如下：

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Cr^{3+}(aq) + Fe^{3+}(aq)$$

推定該氧化還原反應的總方程式。

20.12 利用氧化數的改變配平氧化還原反應的方程式 (頁77)

小測試 20.9 (續)

1 辨認反應中氧化數發生改變的元素。	Cr 的氧化數減少，Fe 的氧化數則增加。
2 計算氧化數的改變。	Cr 的氧化數由 +6 減至 +3，即是兩個 Cr 原子共減少 6。 Fe 的氧化數由 +2 增至 +3，即是增加 1。
3 在每個反應物的化學式前加上適當的系數，使增加的氧化數等於減少的氧化數。	在反應物的化學式前加上系數，變成 $6Fe^{2+}$，使兩個化學物種涉及的氧化數的改變都等於六。 $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 6Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Cr^{3+}(aq) + Fe^{3+}(aq)$
4 除了氫和氧外，配平方程式中所有原子的數目。	在 $Cr^{3+}(aq)$ 前加上系數「2」，在 $Fe^{3+}(aq)$ 前加上系數「6」。 $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 6Fe^{2+}(aq) \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 6Fe^{3+}(aq)$
5 在方程式缺乏正電荷一方加上 H^+。	左方電荷 = (–2) + 6 x (+2) = +10 右方電荷 = 2 x (+3) + 6 x (+3) = +24 在左方加上 $14H^+$。 $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 6Fe^{2+}(aq) + 14H^+(aq) \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 6Fe^{3+}(aq)$
6 加上 H_2O 以配平氧原子的數目。	在右方加上 $7H_2O$。 該氧化還原反應的總方程式是： $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 6Fe^{2+}(aq) + 14H^+(aq) \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 6Fe^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$

20.13 從氧化還原反應的總方程式推定半方程式 (頁81)

- 氧化還原反應的總方程式展示反應中所有反應物和生成物的化學式，所以可從中推定涉及的半反應的半方程式。

考慮碘與硫代硫酸根離子的反應：

$$I_2(aq) + 2S_2O_3^{2-}(aq) \longrightarrow 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$

碘的氧化數減少，所以碘被還原，涉及的半反應的半方程式顯示如下：

$$I_2(aq) + 2e^- \longrightarrow 2I^-(aq)$$

所以硫代硫酸根離子在該反應中必被氧化，涉及的氧化作用的半方程式右方的電子的數目，必定與碘的還原作用的半方程式左方的電子的數目相等。

因此，硫代硫酸根離子的氧化作用的半方程式顯示如下：

$$2S_2O_3^{2-}(aq) \longrightarrow S_4O_6^{2-}(aq) + 2e^-$$

20.13 從氧化還原反應的總方程式推定半方程式 (頁81)

小測試 20.10

把下列氧化還原反應的總方程式寫成兩條半方程式。在每項反應中，辨認哪個化學物種被氧化和哪個被還原。

a) $2I^-(aq) + Cl_2(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2Cl^-(aq)$

$Cl_2(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$

$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$

$I^-(aq)$ 被氧化。

$Cl_2(aq)$ 被還原。

b) $HSO_3^-(aq) + 2Fe^{3+}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2Fe^{2+}(aq) + 3H^+(aq)$

$HSO_3^-(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 3H^+(aq) + 2e^-$

$Fe^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Fe^{2+}(aq)$

HSO_3^- 被氧化。

$Fe^{3+}(aq)$ 被還原。

20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

- 電化序左方的化學物種均能獲得電子且被還原，所以它們全部是氧化劑。
- 電化序右方的化學物種均能失去電子且被氧化，所以它們全部是還原劑。
- 電化序中氧化劑的氧化能力由上至下依次遞增，還原劑的還原能力則由上至下依次遞減。

氧化劑可氧化電化序中位於其上方的化學物種的還原型。

20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化

半方程式

氧化型						還原型		
$Li^+(aq)$			+	e^-	$\rightleftharpoons$	$Li(s)$		
$K^+(aq)$			+	e^-	$\rightleftharpoons$	$K(s)$		
$Ca^{2+}(aq)$			+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Ca(s)$		
$Na^+(aq)$			+	e^-	$\rightleftharpoons$	$Na(s)$		
$Mg^{2+}(aq)$			+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Mg(s)$		
$Al^{3+}(aq)$			+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$Al(s)$		
$Zn^{2+}(aq)$			+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Zn(s)$		
$Fe^{2+}(aq)$			+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Fe(s)$		
$Pb^{2+}(aq)$			+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Pb(s)$		
$2H^+(aq)$			+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$H_2(g)$		
$H_2SO_4(l)$	+	$2H^+(aq)$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$SO_2(g)$	+	$2H_2O(l)$
$Cu^{2+}(aq)$			+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Cu(s)$		
$O_2(g)$	+	$2H_2O(l)$	+	$4e^-$	$\rightleftharpoons$	$4OH^-(aq)$		
$I_2(aq)$			+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2I^-(aq)$		
$Fe^{3+}(aq)$			+	e^-	$\rightleftharpoons$	$Fe^{2+}(aq)$		
$Ag^+(aq)$			+	e^-	$\rightleftharpoons$	$Ag(s)$		
$NO_3^-(aq)$	+	$2H^+(aq)$	+	e^-	$\rightleftharpoons$	$NO_2(g)$	+	$H_2O(l)$
$NO_3^-(aq)$	+	$4H^+(aq)$	+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$NO(g)$	+	$2H_2O(l)$
$Br_2(aq)$			+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2Br^-(aq)$		
$Cr_2O_7^{2-}(aq)$	+	$14H^+(aq)$	+	$6e^-$	$\rightleftharpoons$	$2Cr^{3+}(aq)$	+	$7H_2O(l)$
$Cl_2(aq)$			+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2Cl^-(aq)$		
$MnO_4^-(aq)$	+	$8H^+(aq)$	+	$5e^-$	$\rightleftharpoons$	$Mn^{2+}(aq)$	+	$4H_2O(l)$
$F_2(g)$			+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2F^-(aq)$		

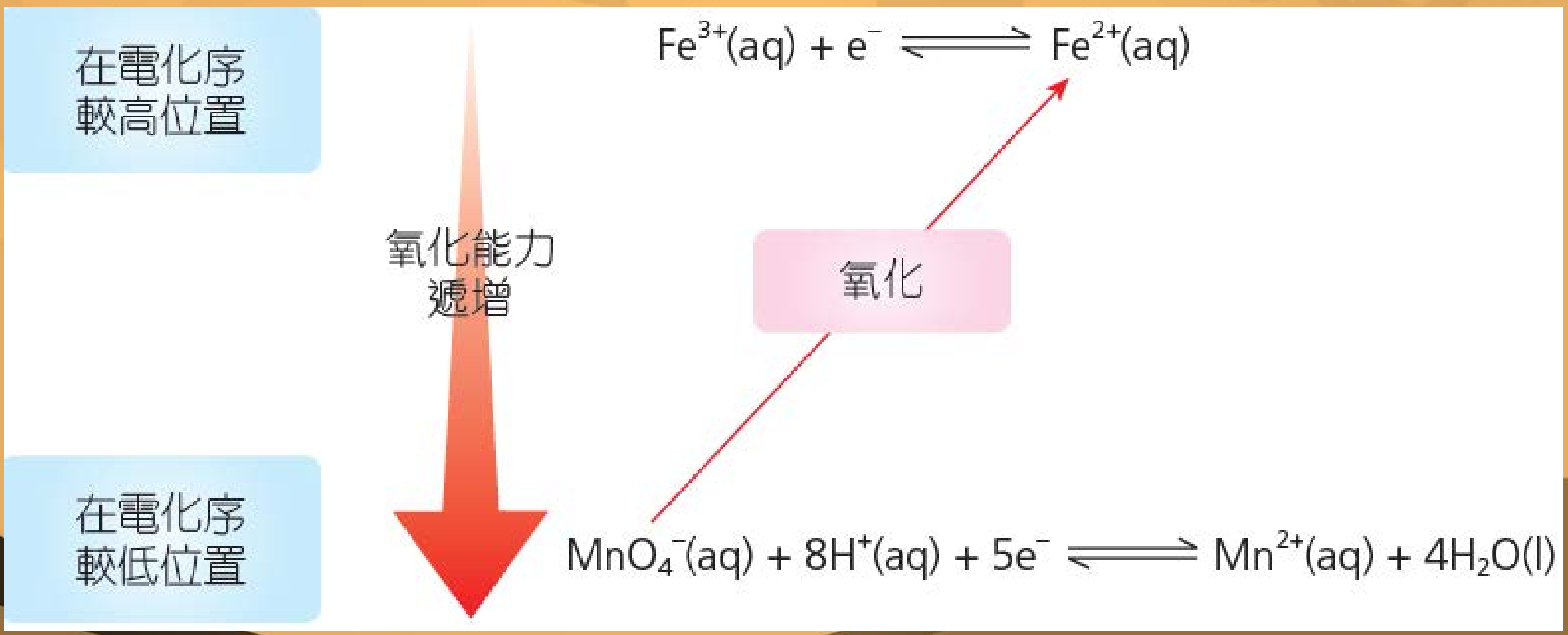
氧化能力依次遞增

還原能力依次遞增

20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

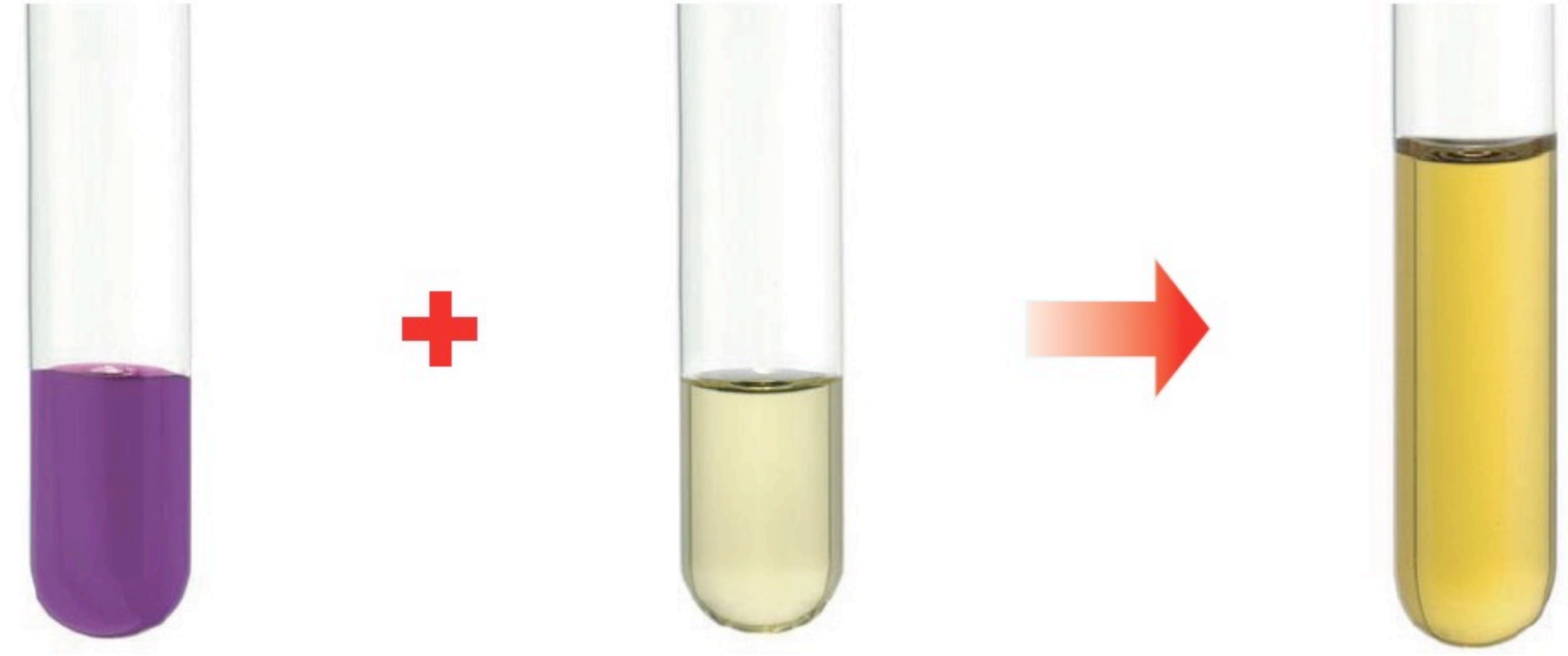
酸化高錳酸鉀溶液會否與硫酸鐵(II) 溶液反應？

- 與鐵(III) 離子相比，高錳酸根離子是較強的氧化劑，所以能把鐵(II) 離子氧化成鐵(III) 離子。



20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

- 在這反應中，紫色的高錳酸根離子被還原成淡粉紅色的錳(II) 離子，淡綠色的鐵(II) 離子被氧化成棕黃色的鐵(III) 離子。



20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

- 下列兩條半方程式 表示發生的變化：

$$Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$$

$$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$$

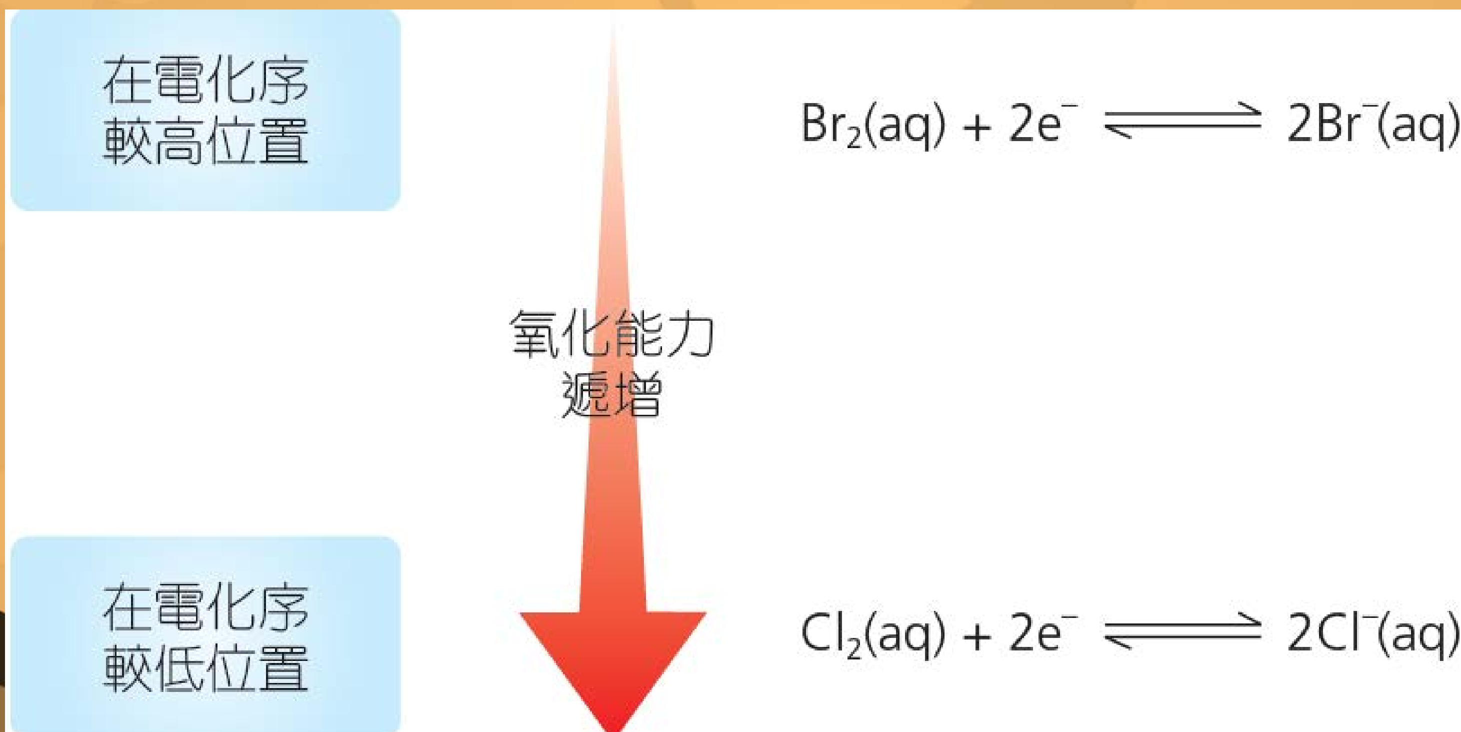
合併這兩條半方程式可得出該氧化還原反應的方程式：

$$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l) + 5Fe^{3+}(aq)$$

20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

溴會否與氯化鉀溶液反應？

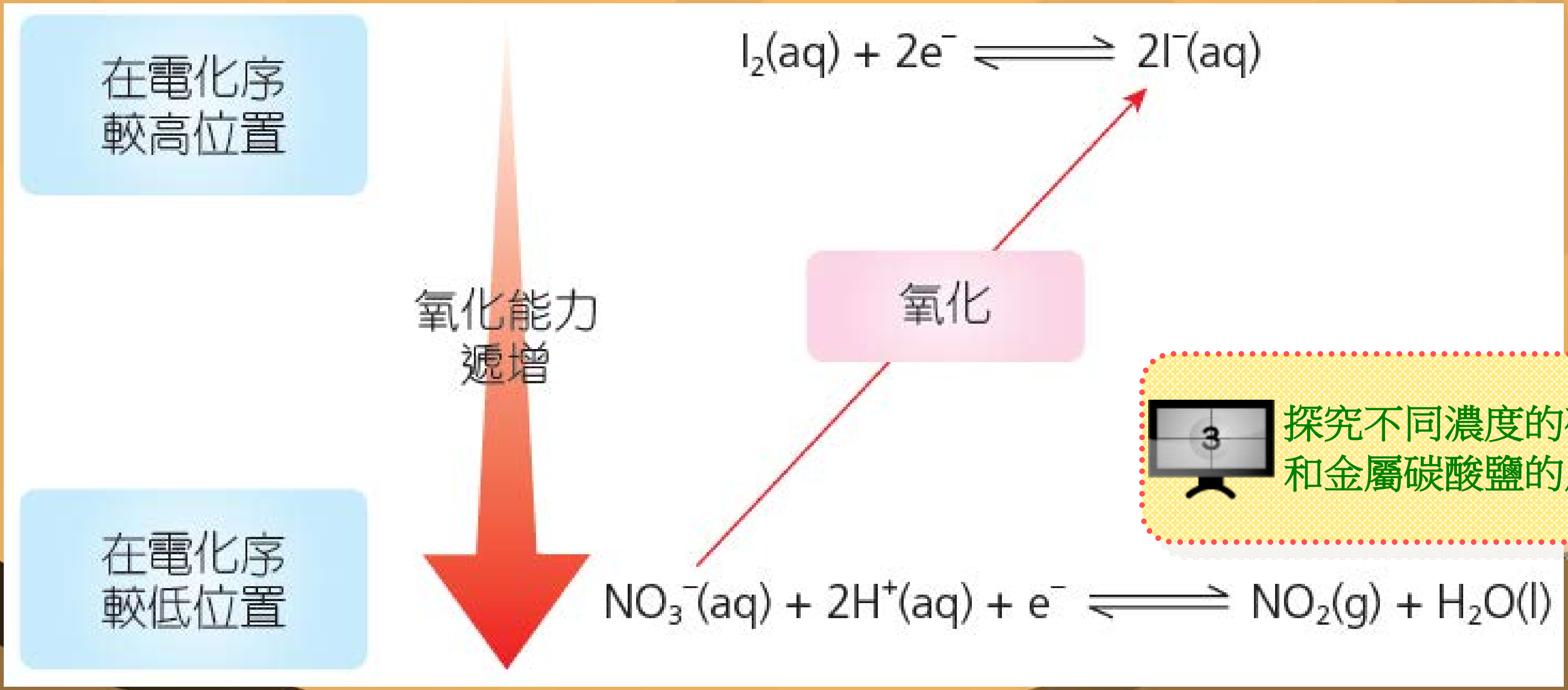
- 水是較氯水弱的氧化劑，所以不能氧化氯離子。因此，溴水和氯化鉀溶液不會發生反應。



20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

濃硝酸會否與碘化鉀溶液反應？

- 濃硝酸是較碘水強的氧化劑，所以能把碘離子氧化成碘。



探究不同濃度的硝酸與金屬和金屬碳酸鹽的反應　參

20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

- 在這反應中，濃硝酸被還原成棕色的二氧化氮，無色的碘離子被氧化成棕色的碘。

濃硝酸與碘化鉀溶液反應時釋出棕色氣體

20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

- 下列兩條半方程式表示發生的變化：

$$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$$

$$NO_3^-(aq) + 2H^+(aq) + e^- \longrightarrow NO_2(g) + H_2O(l)$$

合併這兩條半方程式可得出氧化還原反應的方程式：

$$2I^-(aq) + 2NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

小測試 20.11

a) 根據電化序，預測下列每個混合物會否發生反應，並加以解釋。

i) 硫酸鐵(III) 溶液 + 碘化鉀溶液

ii) 銅 + 稀氫氯酸

iii) 鋅 + 稀硝酸

b) 就以上每個發生反應的混合物，

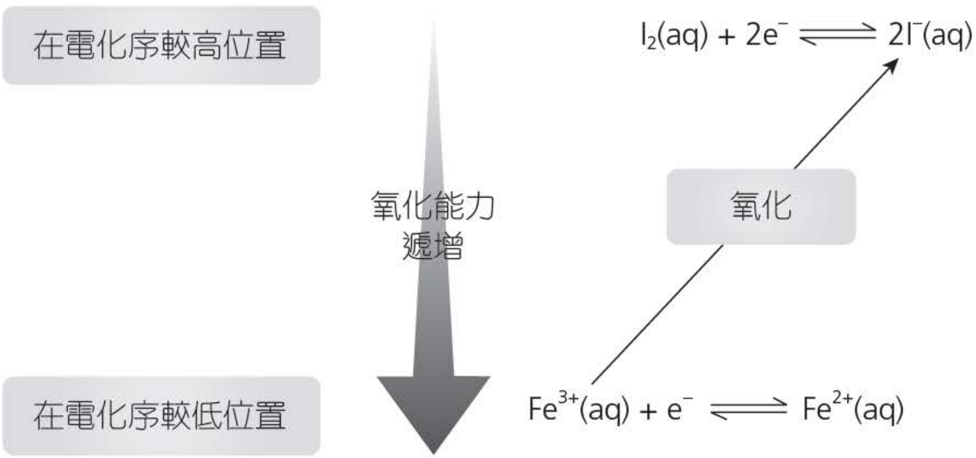
i) 指出可觀察到的變化；

ii) 推定涉及的氧化還原反應的總方程式。

20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

小測試 20.11 (續)

a) 和 b)　i)　考慮相關的半方程式在電化序中的相對位置。與碘相比，鐵(III) 離子是較強的氧化劑，所以能把碘離子氧化成碘。



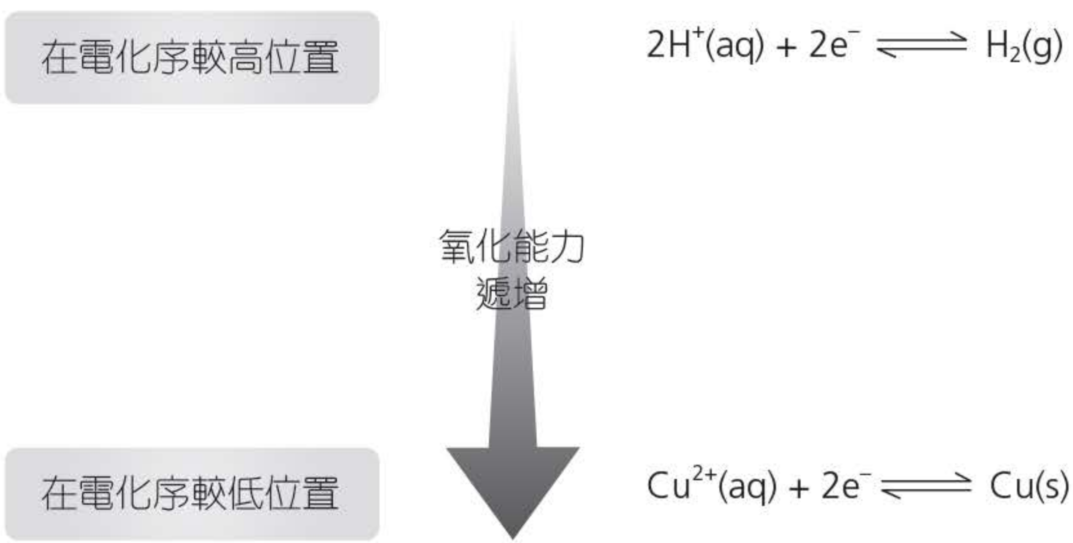
在這反應中，棕黃色的鐵(III) 離子被還原成淡綠色的鐵(II) 離子，無色的碘離子被氧化成棕色的碘。因此，有棕色的溶液生成。

$$2Fe^{3+}(aq) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + I_2(aq)$$

20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

小測試 20.11 (續)

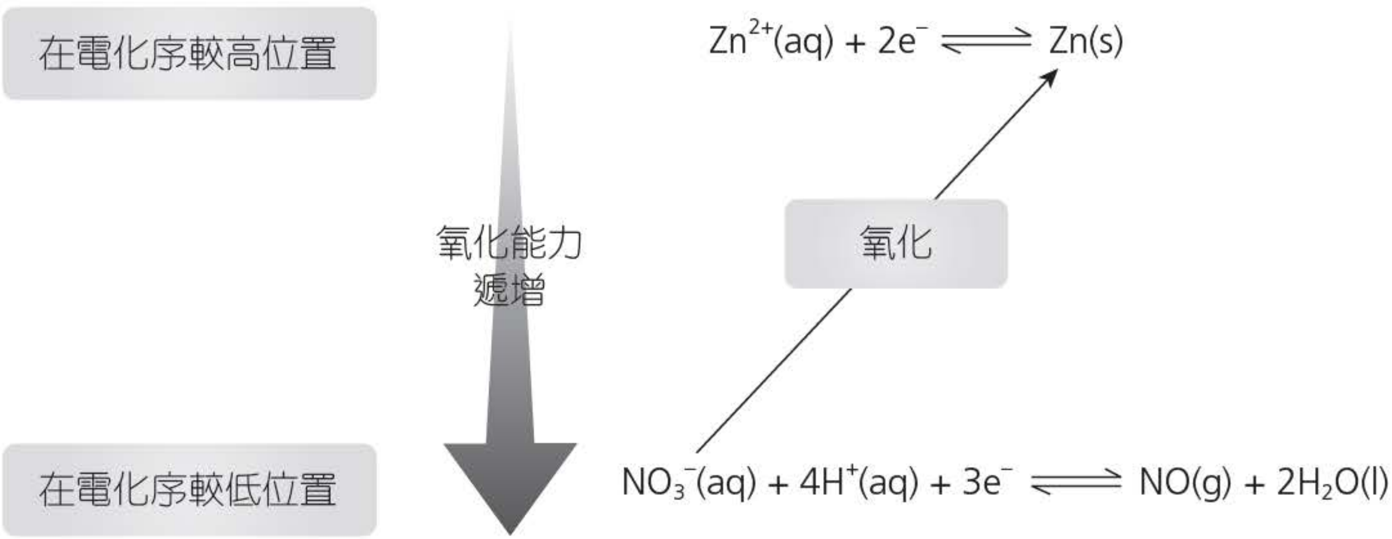
ii) 考慮相關的半方程式在電化序中的相對位置。與銅(II) 離子相比，$H^+(aq)$ 離子是較弱的氧化劑，所以不能氧化銅。因此，銅和稀氫氯酸不會發生反應。



20.14 化學物種相對的氧化和還原能力與其在電化序中位置的關係 (頁82)

小測試 20.11 (續)

iii) 考慮相關的半方程式在電化序中的相對位置。與鋅離子相比，稀硝酸是較強的氧化劑，它會把鋅氧化成鋅離子。



鋅顆粒會溶解。

20.15 氯作為氧化劑 (頁87)

- 氯是強氧化劑。在氧化還原反應中，氯被還原成氯離子。

$$Cl_2(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$$

把鹵素按它們的氧化能力排序 參

20.15 氯作為氧化劑 (頁87)

與鹵離子的反應

- 把氯水加入溴化鉀溶液時會生成溴，所以混合物呈棕黃色。
- 氯是較溴強的氧化劑，所以能把溴離子氧化成溴。

$$Cl_2(aq) + 2Br^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + Br_2(aq)$$

氯水與溴化鉀溶液反應生成溴

20.15 氯作為氧化劑 (頁87)

- 把氯水加入碘化鉀溶液時會生成碘，所以混合物呈棕色。

- 氯是較碘強的氧化劑，所以能把碘離子氧化成碘。

$$Cl_2(aq) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + I_2(aq)$$

氯水與碘化鉀溶液反應生成碘

20.15 氯作為氧化劑 (頁87)

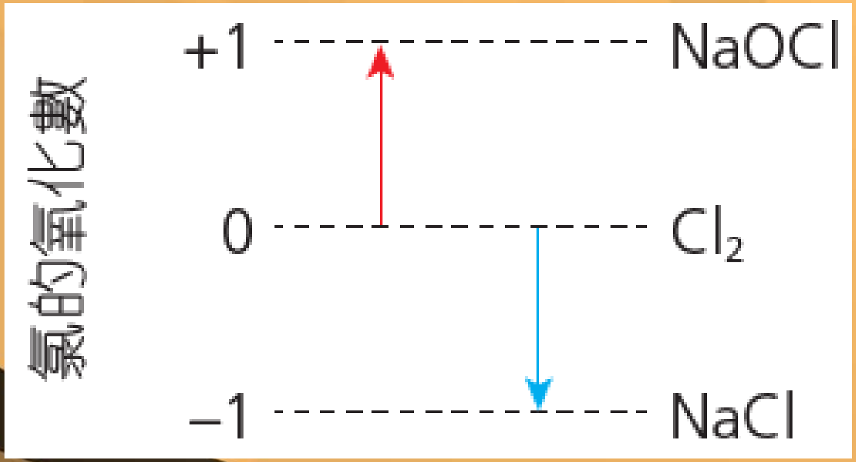
與鹼的反應

在常温下與鹼反應

- 氯與冷的氫氧化鈉溶液反應，生成氯化鈉和次氯酸鈉的混合物。

$$\underset{0}{Cl_2}(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na\underset{-1}{Cl}(aq) + NaO\underset{+1}{Cl}(aq) + H_2O(l)$$

- 氯元素的氧化數是 0，而在氯化鈉和次氯酸鈉中氯的氧化數分別是 –1 和 +1。



在 **NaCl** 和 **NaOCl** 中 **Cl** 的氧化數分別是 **–1** 和 **+1**

20.15 氯作為氧化劑 (頁87)

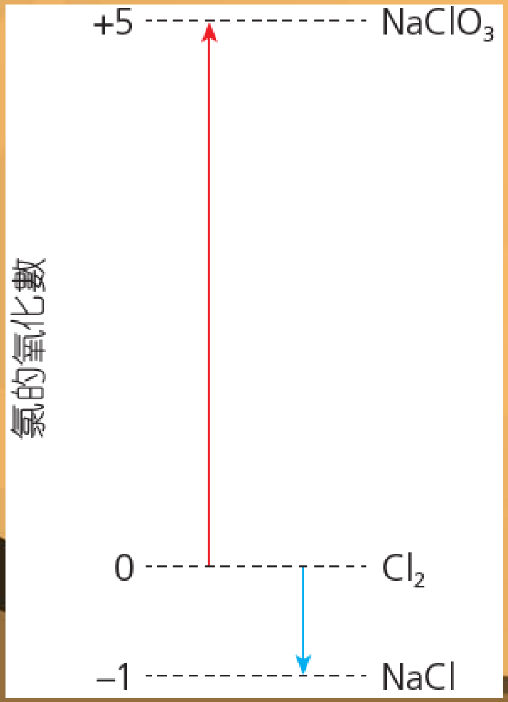
與熱的鹼反應

- 氯與熱的濃氫氧化鈉溶液反應，生成氯化鈉和氯酸鈉的混合物。

$$Cl_2(aq) + 6NaOH(aq) \longrightarrow 5NaCl(aq) + NaClO_3(aq) + 3H_2O(l)$$

0 –1 +5

- 在氯酸鈉中氯的氧化數是 +5。



在 **NaCl** 和 **$NaClO_3$** 中 **Cl** 的氧化數分別是 **–1** 和 **+5**

20.15 氯作為氧化劑 (頁87)

- 這些氯與氫氧化鈉溶液的反應是**歧化作用(disproportionation)**的例子。歧化作用是指同一元素在一項反應中同時被氧化和還原，導致其氧化數同時增加和減少。

20.16 鹵化氫作為還原劑 (p.91)

- 鹵化氫可作為還原劑，其還原能力的遞減次序是：
  HI > HBr > HCl
- 這趨勢可從固體鹵化鈉與濃硫酸的反應推斷出來。

20.16 鹵化氫作為還原劑 (p.91)

鹵化氫與濃硫酸的反應

- 把濃硫酸加入固體鹵化鈉時，會首先生成鹵化氫。

$$NaX(s) + H_2SO_4(l) \longrightarrow NaHSO_4(s) + HX(g)$$

- 某些鹵化氫可還原濃硫酸。

20.16 鹵化氫作為還原劑 (p.91)

氯化鈉 (固體)

- 氯化鈉與濃硫酸反應，生成白色的氯化氫煙霧。

$$NaCl(s) + H_2SO_4(l) \longrightarrow NaHSO_4(s) + HCl(g)$$

- 反應中各化學物種中元素的氧化數均沒有改變，所以這並不是氧化還原反應。氯化氫是非常弱的還原劑，它不能還原硫酸。

20.16 鹵化氫作為還原劑 (p.91)

溴化鈉 (固體)

- 把濃硫酸加入溴化鈉時，會釋出白色的溴化氫煙霧及棕色的溴煙霧，亦會有無色的二氧化硫在反應中生成。

濃硫酸與溴化鈉反應時，釋出白色的溴化氫煙霧及棕色的溴煙霧

20.16 鹵化氫作為還原劑 (p.91)

- 首先有硫酸氫鈉和溴化氫生成：

$$NaBr(s) + H_2SO_4(l) \longrightarrow NaHSO_4(s) + HBr(g)$$

- 溴化氫是強還原劑，可把硫酸還原成二氧化硫。

$$2HBr(g) + H_2SO_4(l) \longrightarrow Br_2(g) + SO_2(g) + 2H_2O(l)$$

-1 +6 0 +4

- 硫的氧化數由 +6 減至 +4，溴的氧化數則由 –1 增至 0。
- 反應中只找到少量的溴化氫，主要的生成物是溴和二氧化硫。

20.16 鹵化氫作為還原劑 (p.91)

碘化鈉 (固體)

- 把濃硫酸加入碘化鈉時，會生成白色的碘化氫煙霧和黑色的固體碘。
- 亦會有黃色的固體硫、帶有臭蛋味的硫化氫氣體及無色的二氧化硫氣體生成。

濃硫酸與碘化鈉反應時，生成白色的碘化氫煙霧和黑色的固體碘

20.16 鹵化氫作為還原劑 (p.91)

探究稀硫酸和濃硫酸的氧化性質

參

- 過程涉及幾項反應，首先是生成碘化氫。

$$NaI(s) + H_2SO_4(l) \longrightarrow NaHSO_4(s) + HI(g)$$

- 碘化氫是較溴化氫強的還原劑，不單可把硫酸還原成二氧化硫，更能把硫酸進一步還原成硫（氧化數 = 0），甚至硫化氫（硫的氧化數 = –2）。

$$2H\underset{-1}{I}(g) + H_2\underset{+6}{S}O_4(l) \longrightarrow \underset{0}{I_2}(s) + \underset{+4}{S}O_2(g) + 2H_2O(l)$$

$$6H\underset{-1}{I}(g) + H_2\underset{+6}{S}O_4(l) \longrightarrow 3\underset{0}{I_2}(s) + \underset{0}{S}(s) + 4H_2O(l)$$

$$8H\underset{-1}{I}(g) + H_2\underset{+6}{S}O_4(l) \longrightarrow 4\underset{0}{I_2}(s) + H_2\underset{-2}{S}(g) + 4H_2O(l)$$

20.16 鹵化氫作為還原劑 (p.91)

- 碘化氫很容易被氧化，所以反應中只找到少量的碘化氫。
- 在與溴化鈉和碘化鈉的反應中，濃硫酸作為氧化劑。

20.16 鹵化氫作為還原劑 (p.91)

小測試 20.12

1 一名學生探究氯與鹵離子的化學，以下為兩項測試的觀察結果。

測試	觀察結果
1 把氯水加入溴化鉀溶液中。	無色的溶液變成棕黃色。
2 把硝酸銀溶液加入氯化鉀溶液中。	無色的溶液中有白色沉澱物生成。

a) i) 辨認在測試 *1* 中令溶液呈棕黃色的化學物種。

溴

ii) 寫出在測試 *1* 中發生的反應的離子方程式。

$$Cl_2(aq) + 2Br^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + Br_2(aq)$$

b) i) 辨認在測試 2 中的白色沉澱物是甚麼化學物種。

氯化銀

ii) 寫出在測試 2 中發生的反應的離子方程式。

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s)$$

20.16 鹵化氫作為還原劑 (p.91)

小測試 20.12 (續)

2 a) 舉出濃硫酸氧化碘化氫時，由還原作用生成的兩種含硫生成物。

以下任何兩項：

- SO_2
- S
- H_2S

b) 寫出從濃硫酸生成在(a) 中提及的每種生成物的方程式。

以下任何兩項：

- $2HI(g) + H_2SO_4(l) \longrightarrow I_2(s) + SO_2(g) + 2H_2O(l)$
- $6HI(g) + H_2SO_4(l) \longrightarrow 3I_2(s) + S(s) + 4H_2O(l)$
- $8HI(g) + H_2SO_4(l) \longrightarrow 4I_2(s) + H_2S(g) + 4H_2O(l)$

20.17 二氧化硫水溶液作為還原劑 (頁93)

- 二氧化硫是無色的有毒氣體，具令人窒息的酸性氣味。
- 二氧化硫水溶液是良好的還原劑，二氧化硫溶於水時生成亞硫酸。

$$SO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2SO_3(aq)$$

- 二氧化硫的還原性質來自亞硫酸中的亞硫酸根離子。
- 在氧化還原反應中，亞硫酸根離子（SO_3^{2-}）被氧化成硫酸根離子（SO_4^{2-}），硫的氧化數由 +4 增至 +6。

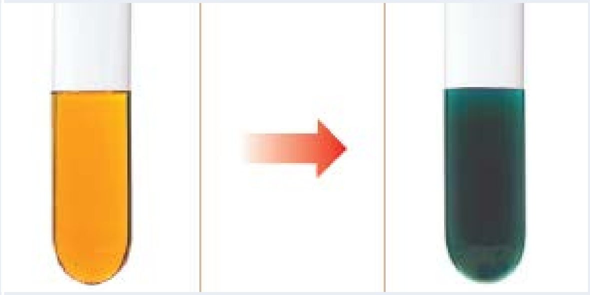
$$\underset{+4}{SO_3^{2-}}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow \underset{+6}{SO_4^{2-}}(aq) + 2H^+(aq) + 2e^-$$

20.17 二氧化硫水溶液作為還原劑 (頁93)

- 二氧化硫可還原下列各溶液：
  - 酸化高錳酸鉀溶液；
  - 酸化重鉻酸鉀溶液；
  - 硫酸鐵(III) 溶液；
  - 溴水。

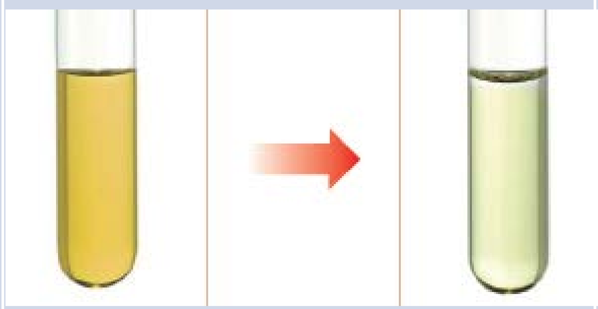
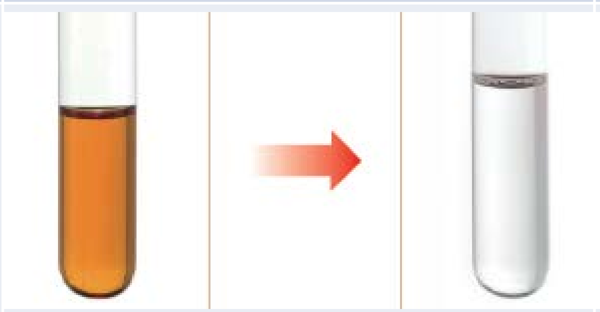
20.17 二氧化硫水溶液作為還原劑 (頁93)

- 把二氧化硫氣體通入不同溶液時所發生的顏色變化。

把二氧化硫氣體通入下列各溶液	顏色變化	方程式
酸化高錳酸鉀溶液		$5SO_3^{2-}(aq) + 2MnO_4^{-}(aq) + 6H^+(aq) \longrightarrow 5SO_4^{2-}(aq) + 2Mn^{2+}(aq) + 3H_2O(l)$
酸化重鉻酸鉀溶液		$3SO_3^{2-}(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+(aq) \longrightarrow 3SO_4^{2-}(aq) + 2Cr^{3+}(aq) + 4H_2O(l)$

20.17 二氧化硫水溶液作為還原劑 (頁93)

- 把二氧化硫氣體通入不同溶液時所發生的顏色變化。

把二氧化硫氣體通入下列各溶液	顏色變化	方程式
硫酸鐵(III) 溶液		$SO_3^{2-}(aq) + 2Fe^{3+}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2Fe^{2+}(aq) + 2H^+(aq)$
溴水		$SO_3^{2-}(aq) + Br_2(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2Br^-(aq) + 2H^+(aq)$

20.17 二氧化硫水溶液作為還原劑 (頁93)

小測試 20.13

1 把亞硫酸鈉溶液加入酸化高錳酸鉀溶液直至過量。

a) 指出預期的觀察結果；

紫色的酸化高錳酸鉀溶液變成無色。

b) 寫出該氧化還原反應的方程式。

$$5SO_3^{2-}(aq) + 2MnO_4^{-}(aq) + 6H^{+}(aq) \longrightarrow 5SO_4^{2-}(aq) + 2Mn^{2+}(aq) + 3H_2O(l)$$

2 解釋如何用濃硝酸來辨別亞硫酸鈉及硫酸鈉。

亞硫酸鈉被濃硝酸氧化成硫酸鈉。

硫酸鈉和濃硝酸不會發生反應。

關鍵詞彙 (頁96)

氧化作用	oxidation	氧化數	oxidation number
還原作用	reduction	司托克系統	Stock system
氧化還原反應	redox reaction	呼氣分析儀	breathalyser
氧化劑	oxidising agent	歧化作用	disproportionation
還原劑	reducing agent		

摘要 (頁97)

1　下表總結了氧化作用和還原作用的各種定義：

所根據的定義	氧化作用	還原作用
氧的得失	獲得氧	失去氧
氫的得失	失去氫	獲得氫
電子的得失	失去電子	獲得電子
氧化數的變化	氧化數增加	氧化數減少

2　氧化作用和還原作用必須同時發生，這兩個過程可合稱為氧化還原反應。

3　在電化序中位置較高的金屬是強還原劑，它們的離子則是弱氧化劑。

4　元素的氧化數是根據一系列規則而訂定的「想像性電荷」。

摘要 (頁97)

5 下表總結了氧化劑和還原劑的一些特徵：

氧化劑	還原劑
導致氧化作用	導致還原作用
自身被還原	自身被氧化
失去氧	獲得氧
獲得氫	失去氫
獲得電子	失去電子
當中某一元素的氧化數減少	當中某一元素的氧化數增加

摘要 (頁97)

6 配平氧化還原反應的方程式的方法包括：
a) 利用半方程式；
b) 利用氧化數的改變。

7 在電化序中，
a) 氧化劑的氧化能力由上至下依次遞增；
b) 還原劑的還原能力由上至下依次遞減。

8 氧化劑可氧化電化序中位於其上方的化學物種的還原型。

摘要 (頁97)

9 a) 下表總結了氯的氧化性質。

	化學性質	反應	化學方程式
氯	氧化性質	氯水把溴離子氧化成溴	$Cl_2(aq) + 2Br^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + Br_2(aq)$
		氯水把碘離子氧化成碘	$Cl_2(aq) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + I_2(aq)$
	同時被氧化和還原（歧化作用）	與冷的稀氫氧化鈉溶液反應	$Cl_2(g) + 2NaOH(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + NaOCl(aq) + H_2O(l)$
		與熱的濃氫氧化鈉溶液反應	$3Cl_2(g) + 6NaOH(aq) \longrightarrow 5NaCl(aq) + NaClO_3(aq) + 3H_2O(l)$

摘要 (頁97)

9 b) 下表總結了鹵化鈉與濃硫酸的反應。

與濃硫酸發生反應的鹵化鈉	所發生的反應	化學方程式
溴化鈉（固體）	首先生成溴化氫；溴化氫把硫酸還原成二氧化硫	$NaBr(s) + H_2SO_4(l) \longrightarrow NaHSO_4(s) + HBr(g)$ $2HBr(s) + H_2SO_4(l) \longrightarrow Br_2(g) + SO_2(g) + 2H_2O(l)$
碘化鈉（固體）	首先生成碘化氫；碘化氫把硫酸還原成二氧化硫、硫和硫化氫	$NaI(s) + H_2SO_4(l) \longrightarrow NaHSO_4(s) + HI(g)$ $2HI(g) + H_2SO_4(l) \longrightarrow I_2(s) + SO_2(g) + 2H_2O(l)$ $6HI(g) + H_2SO_4(l) \longrightarrow 3I_2(s) + S(s) + 4H_2O(l)$ $8HI(g) + H_2SO_4(l) \longrightarrow 4I_2(s) + H_2S(g) + 4H_2O(l)$

摘要 (頁97)

9 c) 下表總結了二氧化硫溶液的還原性質。

	反應	化學方程式
二氧化硫溶液	把高錳酸根離子還原成錳 (II) 離子	$5SO_3^{2-}(aq) + 2MnO_4^-(aq) + 6H^+(aq) \longrightarrow 5SO_4^{2-}(aq) + 2Mn^{2+}(aq) + 3H_2O(l)$
	把重鉻酸根離子還原成鉻 (III) 離子	$3SO_3^{2-}(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+(aq) \longrightarrow 3SO_4^{2-}(aq) + 2Cr^{3+}(aq) + 4H_2O(l)$
	把鐵 (III) 離子還原成鐵 (II) 離子	$SO_3^{2-}(aq) + 2Fe^{3+}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2Fe^{2+}(aq) + 2H^+(aq)$
	把溴還原成溴離子	$SO_3^{2-}(aq) + Br_2(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2Br^-(aq) + 2H^+(aq)$

按節練習 (頁99)

註： 題目按難度由淺至深（ 1 至 5 級） 分類：

👍 題目以 3 級或以上程度為目標；

👍👍 題目以 4 級或以上程度為目標；

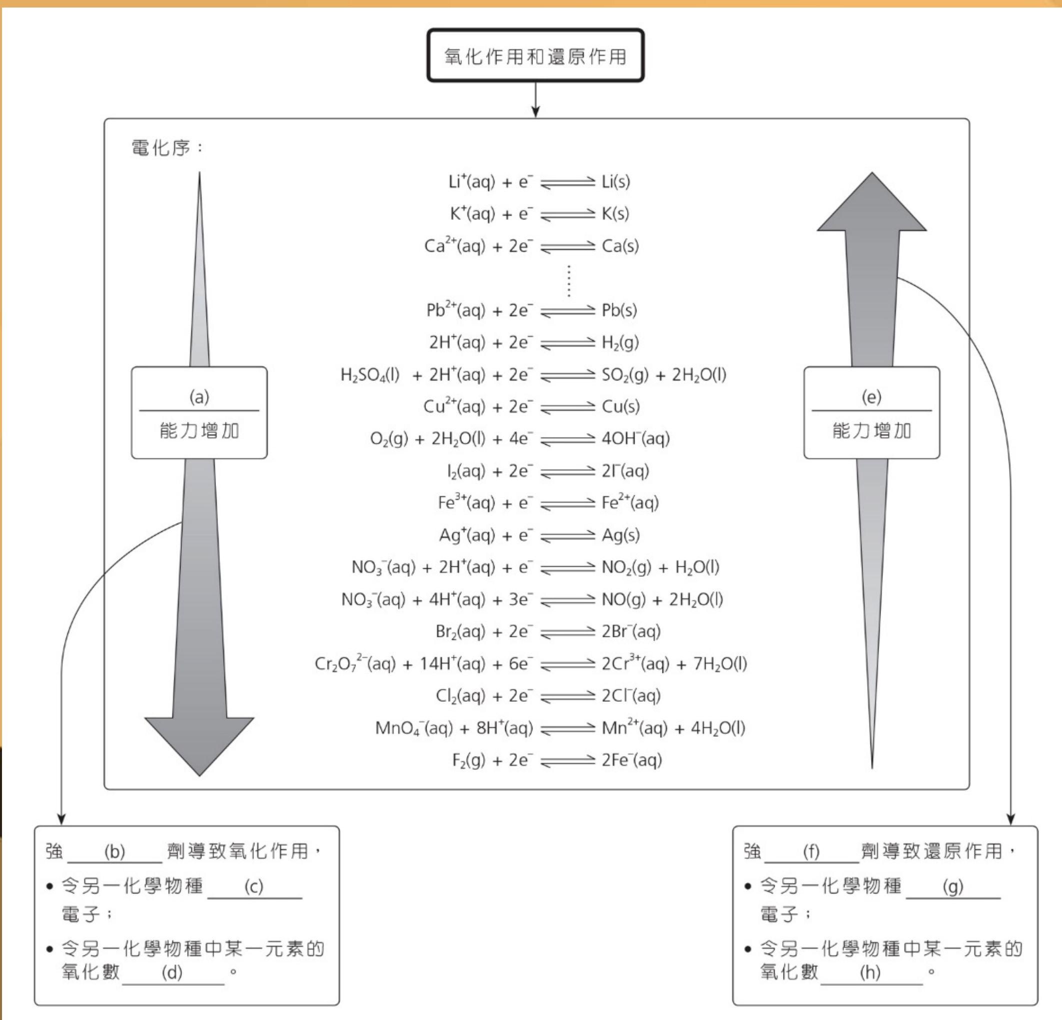
👍👍👍 題目以 5 級程度為目標。

「 * 」 顯示有效的傳意可取一分。

按節練習 (頁99)

第一部分 知識和理解

1 完成以下概念圖。



a) 氧化
b) 氧化
c) 失去
d) 增加
e) 還原
f) 還原
g) 獲得
h) 減少

按節練習 (頁99)

第二部分 多項選擇題

2 在下列哪個化學物種中，鉬 (Mo) 的氧化數最高？

A $MoCl_5$
B MoO_4^{2-}
C Mo_2S_3
D Mo_6Cl_{12}

題解：

選擇	化學物種	Mo 的氧化數
A	$MoCl_5$	+5
B	MoO_4^{2-}	+6
C	Mo_2S_3	+3
D	Mo_6Cl_{12}	+2

答案：B

按節練習 (頁99)

3　下列有關鋅的陳述，何者正確？

A　當置於 NH_3(aq) 時它生成一可溶氧化物。
B　當置於 HCl(aq) 時它作為還原劑。
C　當置於 $MgCl_2$(aq) 時它進行氧化。
D　當置於熱 H_2O(l) 時它生成一酸性溶液。

(HKDSE, Paper 1A, 2017, 11)

答案：B

按節練習 (頁99)

4 以下的離子方程式表示鐵(III) 離子與錫(II) 離子的反應。

$$2Fe^{3+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + Sn^{4+}(aq)$$

這是氧化還原反應，因為

A 鐵(III) 離子被氧化而錫(II) 離子作為氧化劑。
B 鐵(III) 離子被氧化而錫(II) 離子作為還原劑。
C 鐵(III) 離子被還原而錫(II) 離子作為還原劑。
D 鐵(III) 離子被還原而錫(II) 離子作為氧化劑。

答案：C

按節練習 (頁99)

5 下列哪項涉及氫氯酸的反應是氧化還原反應?

A　$2HCl(aq) + Ca(s) \longrightarrow H_2(g) + CaCl_2(aq)$
B　$2HCl(aq) + K_2S(s) \longrightarrow H_2S(g) + 2KCl(aq)$
C　$2HCl(aq) + CaO(s) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l)$
D　$2HCl(aq) + K_2CO_3(s) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(l) + 2KCl(aq)$

題解：
在氫氯酸和鈣的反應中，氫的氧化數由 +1 減至 0；
鈣的氧化數則由 0 增至 +2。

答案：A

按節練習 (頁99)

6 下列何者不是氧化還原反應?

A $2AgBr(s) \longrightarrow 2Ag(s) + Br_2(g)$
B $SO_2(g) + 2H_2S(g) \longrightarrow 3S(s) + 2H_2O(l)$
C $2KClO_3(s) \longrightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g)$
D $Ca(HCO_3)_2(aq) \longrightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$

(HKDSE, Paper 1A, 2016, 14)

答案：D

按節練習 (頁99)

7 利用最小的整數配平以下的半方程式時，所需電子的數目是多少？

$$BrO_3^- + H^+ + e^- \longrightarrow Br_2 + H_2O$$

A 2
B 5
C 10
D 12

題解：

1 除了氫和氧外，配平方程式中所有原子的數目。	$2BrO_3^- \longrightarrow Br_2$
2 在方程式缺乏氧的一方加上 H_2O，配平氧原子的數目。	$2BrO_3^- \longrightarrow Br_2 + 6H_2O$
3 在方程式缺乏氫的一方加上 H^+，配平氫原子的數目。	$2BrO_3^- + 12H^+ \longrightarrow Br_2 + 6H_2O$
4 在方程式缺乏負電荷的一方加上 e^-，配平電荷。	半方程式是： $2BrO_3^- + 12H^+ + xe^- \longrightarrow Br_2 + 6H_2O$ 可用以下其中一個方法計算 x 的數值： • 右方的電荷是 0，所以左方的電荷也是 0。 $2 \times (-1) + 12 \times (+1) - x = 0$ $x = 10$ • Br 在 BrO_3^- 中的氧化數是 +5；而在 Br_2 中的氧化數是 0。每個 Br 原子的氧化數的改變是 5。由於有兩個 Br 原子，所以總改變是 10。即是方程式左方應有 10 個電子。

答案：C

按節練習 (頁99)

8 考慮以下的化學方程式:

$$3Ni(OH)_2(s) + xHCl(aq) + yAuCl_4^-(aq) \longrightarrow 3NiCl_4(aq) + yAu(s) + zCl^-(aq) + 6H_2O(l)$$

下列的組合，何者正確？

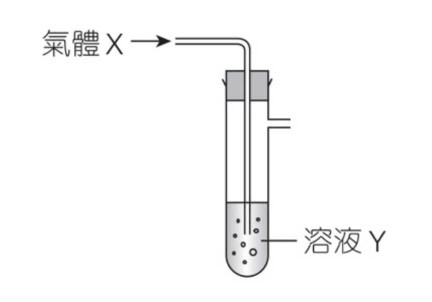
	x	y	z
A	4	2	2
B	6	2	2
C	4	3	3
D	6	3	3

答案：B

(HKDSE, Paper 1A, 2017, 15)

按節練習 (頁99)

9 如下圖所示，把氣體 X 穩定地注入溶液 Y：



在下列的組合中，何者<u>不</u>會在溶液 Y 有可見的改變？

	氣體 X	溶液 Y
A	$Cl_2(g)$	$KI(aq)$
B	$O_2(g)$	$FeSO_4(aq)$
C	$CO_2(g)$	酸化 $KMnO_4(aq)$
D	$SO_2(g)$	酸化 $Na_2Cr_2O_7(aq)$

答案：C

(HKDSE, Paper 1A, 2016, 13)

按節練習 (頁99)

10 砹 (At) 位於週期表的第 VII 族，在碘之下。
下列哪項陳述最有可能正確？

A NaAt(aq) 與 $AgNO_3$(aq) 反應，生成黃色溶液。
B NaAt(s) 與濃硫酸反應，生成砹。
C 砹與 KCl(aq) 反應，生成 KAt(aq) 和氯。
D NaAt(aq) 與稀硫酸反應，生成 HAt(g) 煙霧。

(HKDSE, Paper 1A, 2013, 19)

題解：
選擇 A — NaCl(aq)、NaBr(aq) 和 NaI(aq) 與 $AgNO_3$(aq) 反應， 生成沉澱物。因此，NaAt(aq) 應會與 $AgNO_3$(aq) 反應，生成沉澱物。
選擇 B — NaBr(s) 和 NaI(s) 與濃硫酸反應，分別生成溴和碘。因此，NaAt(s) 很可能與濃硫酸反應，生成砹。
選擇 C — 砹應是較氯弱的氧化劑。因此，砹和 KCl(aq) 不會發生反應。
選擇 D — NaCl(aq)、NaBr(aq) 和 NaI(aq) 不會與稀硫酸反應。因此，NaAt(aq) 和稀硫酸應不會發生反應。

答案：B

按節練習 (頁99)

11 某固體在焰色試驗中產生磚紅色火焰。它與濃硫酸反應時釋出白色煙霧，並沒有其他氣體生成。該固體可能是

A 氯化鈣。
B 溴化鈣。
C 氯化鈉。
D 溴化鈉。

題解：
氯化鈣與濃硫酸反應，產生白色煙霧 (氯化氫氣體)。

答案：A

按節練習 (頁99)

12 以下是電化序的其中一部分：

在電化序較高位置
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)$
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq)$
$Br_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-(aq)$
$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$
在電化序較低位置

下列的氧化劑，何者不能把 $Fe^{2+}(aq)$ 離子氧化成 $Fe^{3+}(aq)$ 離子？

(1) $Zn^{2+}(aq)$
(2) $Br_2(aq)$
(3) $MnO_4^-(aq)$

A 只有 (1)
B 只有 (2)
C 只有 (1) 和 (3)
D 只有 (2) 和 (3)

題解：

(2) 和 (3) $Br_2(aq)$ 和 $MnO_4^-(aq)$ 是較 $Fe^{3+}(aq)$ 強的氧化劑。因此，它們能把 $Fe^{2+}(aq)$ 離子氧化成$Fe^{3+}(aq)$離子。

答案：A

按節練習 (頁99)

13 Cl_2(aq)與$S_2O_3^{2-}$(aq)離子根據以下未配平的方程式發生反應：

$$Cl_2(aq) + S_2O_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

下列的陳述，何者正確？

(1) 在$S_2O_3^{2-}$(aq)離子中硫的氧化數是 +3。

(2) 這反應的其中一條離子半方程式顯示如下：

$$S_2O_3^{2-}(aq) + 5H_2O(l) \longrightarrow 2SO_4^{2-}(aq) + 10H^+(aq) + 8e^-$$

(3) 在這反應中，Cl_2(aq)被$S_2O_3^{2-}$(aq)離子還原。

A 只有 (1)
B 只有 (2)
C 只有 (1) 和 (3)
D 只有 (2) 和 (3)

答案：D

題解：

(1) 在 $S_2O_3^{2-}$(aq) 離子中硫的氧化數是 +2。

(3) 氯的氧化數由 0 減至 −1。因此，在反應中 Cl_2(g) 被還原。

按節練習 (頁99)

14 下列哪些有關熱的濃硫酸與銅的反應的陳述正確？

(1) 有無色的氣體釋出。
(2) 生成藍色溶液。
(3) 1 摩爾的 $H_2SO_4(l)$ 需用 2 摩爾的電子以進行還原作用。

A 只有 (1) 和 (2)
B 只有 (1) 和 (3)
C 只有 (2) 和 (3)
D (1)、(2) 和 (3)

題解：
(1) 在銅和濃硫酸的反應中，有二氧化硫氣體生成。
(2) 濃硫酸把銅氧化成銅 (II) 離子，所以生成藍色溶液。
(3) 以下是 $H_2SO_4(l)$ 的還原作用的半方程式。

$$H_2SO_4(l) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons SO_2(g) + 2H_2O(l)$$

因此，1 摩爾的 $H_2SO_4(l)$ 需用 2 摩爾的電子進行還原作用。

答案： D

按節練習 (頁99)

15 當把數滴濃硝酸加進 KI(aq) 時會觀察到甚麼？

(1) 生成一棕色溶液。
(2) 生成一棕色沉澱。
(3) 釋出一紅棕色氣體。

A 只有 (1) 和 (2)
B 只有 (1) 和 (3)
C 只有 (2) 和 (3)
D (1)、(2) 和 (3)

答案：B

(HKDSE, Paper 1A, 2017, 23)

按節練習 (頁99)

16 下列哪些試劑能把鐵(II) 離子轉化為鐵(III) 離子？

(1) 氯水
(2) 稀硝酸
(3) 稀硫酸

題解：
氯水與稀硝酸都是強氧化劑。

A 只有 (1) 和 (2)
B 只有 (1) 和 (3)
C 只有 (2) 和 (3)
D (1)、(2) 和 (3)

答案：A

按節練習 (頁99)

第三部分 結構性問題

17 下列哪個正確描述以下每條方程式所表示的反應？

氧化作用　還原作用　氧化還原反應
不是氧化作用或還原作用

a) $2Br^-(aq) \longrightarrow Br_2(aq) + 2e^-$
氧化作用 (1)

b) $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s)$
不是氧化作用或還原作用 (1)

c) $Cu^{2+}(aq) + e^- \longrightarrow Cu^+(aq)$
還原作用 (1)

按節練習 (頁99)

17 (續)

d) $K_2SO_3(aq) + H_2O_2(aq) \longrightarrow K_2SO_4(aq) + H_2O(l)$

氧化還原反應 (1)

e) $Na_2CO_3(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow 2NaCl(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$

不是氧化作用或還原作用 (1)

按節練習 (頁99)

18 錫(II) 離子與碘酸根離子反應時，發生氧化還原反應。

$$3Sn^{2+}(aq) + IO_3^-(aq) + 6H^+(aq) \longrightarrow 3Sn^{4+}(aq) + I^-(aq) + 3H_2O(l)$$

就這反應，指出以下所描述的各種物質：

a) 被氧化的物質；
$Sn^{2+}(aq)$ (1)

b) 被還原的物質；
$IO_3^-(aq)$ (1)

c) 氧化劑；
$IO_3^-(aq)$ (1)

d) 還原劑。
$Sn^{2+}(aq)$ (1)

按節練習 (頁99)

19 寫出在下列化學物種中畫有底線的元素的氧化數。

a) $H_2\underline{S}$ –2 (1)
b) $\underline{O}F_2$ +2 (1)
c) $Ca\underline{C}_2$ –1 (1)
d) $\underline{Mn}O_4^{2-}$ +6 (1)
e) $\underline{N}H_2OH$ –1 (1)
f) $\underline{V}O^{2+}$ +4 (1)
g) $\underline{N}_2O$ +1 (1)
h) $\underline{Cr}(H_2O)_4Br^{2+}$ +3 (1)

按節練習 (頁99)

20 a) 「氧化作用」一詞的意思是甚麼？

以下任何一項：
- 獲得氧 (1)
- 失去氫 (1)
- 失去電子 (1)
- 增加氧化數 (1)

b) 指出在以下反應中哪個化學物種被氧化，並加以解釋。

$Zn(s) + 2Ag^{+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

<u>Zn(s) 被氧化</u>，因為<u>失去電子</u> / 氧化數增加。(1)

c) 指出在以下反應中哪個化學物種被還原，並加以解釋。

$Hg^{2+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \longrightarrow Hg(s) + Sn^{4+}(aq)$

<u>$Hg^{2+}(aq)$ 被還原</u>，因為<u>獲得電子</u> / 氧化數減少。 (1)

按節練習 (頁99)

21 以下方程式展示在鼓風爐中熔煉鐵時所發生的反應：

$Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \longrightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$

根據氧化數，解釋這反應是否涉及氧化作用和還原作用。

是

氧化作用：<u>C 的氧化數</u>由 +2 增至 +4。(1)

還原作用：<u>Fe 的氧化數</u>由 +3 減至 0。(1)

按節練習 (頁99)

22 考慮以下各實驗。

i) 寫出預期的觀察結果。

ii) 寫出該反應的離子方程式。

a) 把氯水加入溴化鉀溶液中

呈棕黃色 (1)

$Cl_2(aq) + 2Br^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + Br_2(aq)$ (1)

b) 把濃硝酸加入銅中

以下任何一項：

- 銅溶解。 (1)
- 有棕色氣體釋出。(1)
- 有藍色溶液生成。(1)

$Cu(s) + 2NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$ (1)

c) 把亞硫酸鈉溶液加入溴水中

棕黃色的溴水變成無色。(1)

$SO_3^{2-}(aq) + Br_2(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2Br^-(aq) + 2H^+(aq)$ (1)

按節練習 (頁99)

23 就以下實驗，寫出預期的觀察，以及寫出所涉及反應(一個或多個)的化學方程式(一條或多條)。

把亞硫酸鈉溶液加進酸化重鉻酸鉀溶液直至過量

(HKDSE, Paper 1B, 2015, 2(b))

香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

按節練習 (頁99)

24 在氧化還原反應中，含有橙色的 $Cr_2O_7^{2-}(aq)$ 離子的酸化溶液與鋅反應，生成含有 $Zn^{2+}(aq)$ 離子和藍色的 $Cr^{2+}(aq)$ 離子的溶液。

a) 在 $Cr_2O_7^{2-}(aq)$ 離子中鉻的氧化數是多少？

+6 (1)

b) 以下展示涉及 $Cr_2O_7^{2-}(aq)$ 離子的變化的未配平半方程式。

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + H^+(aq) + e^- \longrightarrow Cr^{2+}(aq) + H_2O$$

配平這半方程式。

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 8e^- \longrightarrow 2Cr^{2+}(aq) + 7H_2O(l) \quad (1)$$

c) 推定該反應的離子方程式。

$$4Zn(s) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) \longrightarrow 4Zn^{2+}(aq) + 2Cr^{2+}(aq) + 7H_2O(l) \quad (1)$$

按節練習 (頁99)

25 $H_2O_2(aq)$ 可用於舊畫修復，它把畫中黑色的硫化鉛(II)轉化成白色的硫酸鉛(II)，以淡化畫中的斑漬。這反應的未配平方程式是

$$PbS(s) + H_2O_2(aq) \longrightarrow PbSO_4(s) + H_2O(l)$$

a) 根據氧化數，解釋這反應是否涉及氧化作用和還原作用。

是

氧化作用: S 的氧化數由 –2 增至 +6。 (1)

還原作用: O 的氧化數由 –1 減至 –2。 (1)

b) 配平這反應的方程式。

$$PbS(s) + 4H_2O_2(aq) \longrightarrow PbSO_4(s) + 4H_2O(l) \quad (1)$$

按節練習 (頁99)

26 把氫氧化鈉溶液加入重鉻酸鉀溶液時，發生以下變化。

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2CrO_4^{2-}(aq) + H_2O(l)$$

指出這反應是否氧化還原反應，並根據氧化數的概念解釋你的答案。

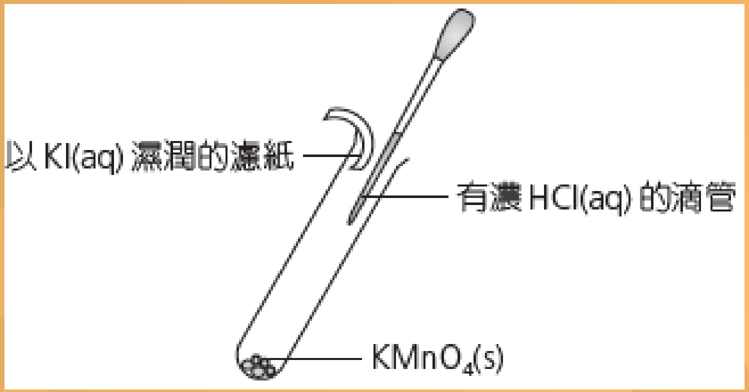
$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2CrO_4^{2-}(aq) + H_2O(l)$$

Cr	+6		+6	
O	−2	−2	−2	−2
H		+1		+1

所有元素的氧化數保持不變，所以這不是氧化還原反應。

按節練習 (頁99)

27　參照以下所示的實驗裝置。



香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

a) HCl是強酸。「強酸」一詞是甚麼意思？
b) 當把濃 HCl(aq) 滴進 $KMnO_4$(s) 時，有黃綠色氣體生成。
　i) 該黃綠色氣體是甚麼？
　ii) 解釋生成黃綠色氣體的反應是否為氧化還原反應。
c) 輔以一離子方程式，寫出當黃綠色氣體到達該濾紙時的預期觀察。
d) 從考慮實驗室安全，解釋這實驗應在何處進行。

(HKDSE, Paper 1B, 2018, 8)

按節練習 (頁99)

28 氯可生成一系列的氧化物，以下是其中一些例子。

一氧化二氯 Cl_2O　　二氧化氯 ClO_2

六氧化二氯 Cl_2O_6

a) 利用氯的氧化數，推斷二氧化氯的系統名稱。

氧化氯 (IV) (1)

b) 二氧化氯溶於水，生成的溶液最終變成由兩種酸組成的混合物。

$$6ClO_2(g) + 3H_2O(l) \longrightarrow 5HClO_3(aq) + HCl(aq)$$

以適當的氧化數，解釋為甚麼這反應是歧化作用。

$$6ClO_2(g) + 3H_2O(l) \longrightarrow 5HClO_3(aq) + HCl(aq)$$

Cl 的氧化數　+4　　+5　　–1　(1)

氯同時被氧化和還原，所以這是歧化作用。(1)

按節練習 (頁99)

29 利用溴水，可辨別氯化鉀和碘化鉀的溶液。

a) 指出把溴水分別加進氯化鉀和碘化鉀的溶液時可觀察到的變化。
把溴水加入氯化鉀溶液時，沒有可觀察到的變化。
把溴水加入碘化鉀溶液時，有棕色溶液生成。 (1)

b) 寫出涉及溴水的反應的離子方程式。
$Br_2(aq) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Br^-(aq) + I_2(aq)$ (1)

c) 與溴的反應展示了氯、溴與碘的氧化能力的排列次序如何?
溴的氧化能力較氯的低，但較碘的高。 (1)

按節練習 (頁99)

30 在酸性溶液中，硝酸根離子被銀還原，生成一氧化氮 (NO)。以下展示該反應的總方程式。

$$3Ag(s) + NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) \longrightarrow 3Ag^+(aq) + NO(g) + 2H_2O(l)$$

a) 寫出銀和氮在以上反應物和生成物中的氧化數。

銀: 由 0 至 +1 (1)

氮: 由 +5 至 +2 (1)

b) 寫出可合併成以上離子方程式的兩條半方程式。

$Ag(s) \longrightarrow Ag^+(aq) + e^-$ (1)

$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$ (1)

按節練習 (頁99)

31 在實驗室中，可以通過氯化鈉與濃硫酸的反應來製備氯化氫。

一些學生嘗試從碘化鈉與濃硫酸的反應製備碘化氫。把濃硫酸加入碘化鈉時，生成固體硫及黑色固體，該反應亦產生硫化氫氣體。

a) 辨認該黑色固體。
碘 (1)

b) 考慮由濃硫酸生成硫化氫的反應。
指出其中硫的氧化數的改變。
由 +6 至 –2 (1)

c) 解釋為甚麼不能從碘化鈉與濃硫酸的反應製備碘化氫。
HI 是還原劑，可把 H_2SO_4 還原。/
H_2SO_4 是氧化劑，可把 HI 氧化。(1)

按節練習 (頁99)

32 把硫在盛載氧的集氣瓶中燃燒，生成二氧化硫氣體。

a) 利用浸透酸化重鉻酸鉀溶液的濾紙測試該氣體。

i) 指出可觀察到的顏色變化。

由橙色變成綠色 (1)

ii) 寫出涉及反應的離子方程式。

$$3SO_3^{2-}(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+(aq) \longrightarrow 3SO_4^{2-}(aq) + 2Cr^{3+}(aq) + 4H_2O(l)$$ (1)

b) 把二氧化硫氣體通入含有鐵 (III) 離子的溶液中。

i) 指出可觀察到的顏色變化。

由棕黃色變成淡綠色 (1)

ii) 寫出涉及反應的離子方程式。

$$SO_3^{2-}(aq) + 2Fe^{3+}(aq) + H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2Fe^{2+}(aq) + 2H^+(aq)$$ (1)