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

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

- 當不能用涉及的反應物和生成物作電極物料時，電池便必須使用**惰性電極 (inert electrode)**（例如：不會涉及電池內發生的氧化還原反應的碳和鉑），讓反應在其表面發生。

- 考慮酸化高錳酸根離子與碘離子的反應：

$$2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 10I^-(aq) \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l) + 5I_2(aq)$$

表示還原作用的半方程式顯示如下：

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

表示氧化作用的半方程式顯示如下：

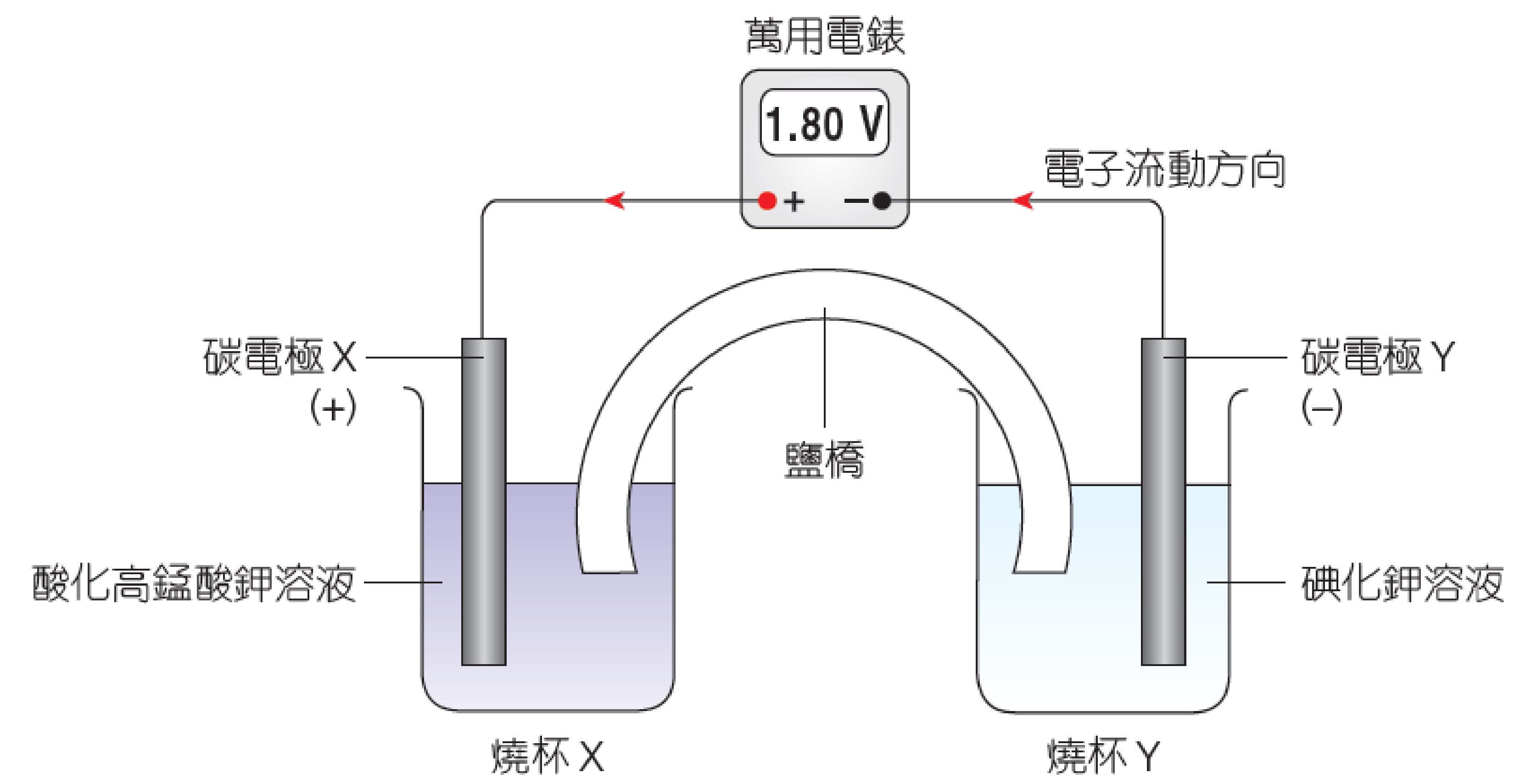
$$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$$

探究化學電池中的氧化還原反應

參

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

- 反應物和生成物都不能用作電極物料，所以兩個半電池均使用碳電極。



含碳電極的化學電池

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

氧化作用在陽極 (anode) 發生。
還原作用在陰極 (cathode) 發生。

- 氧化作用在電極 Y 發生，所以電極 Y 是電池的陽極。由氧化作用產生的電子流向碳電極 Y 的表面，使碳電極 Y 帶負電荷。
- 還原作用在電極 X 發生，所以電極 X 是電池的陰極。還原作用去除碳電極 X 表面的電子，使碳電極 X 帶正電荷。

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

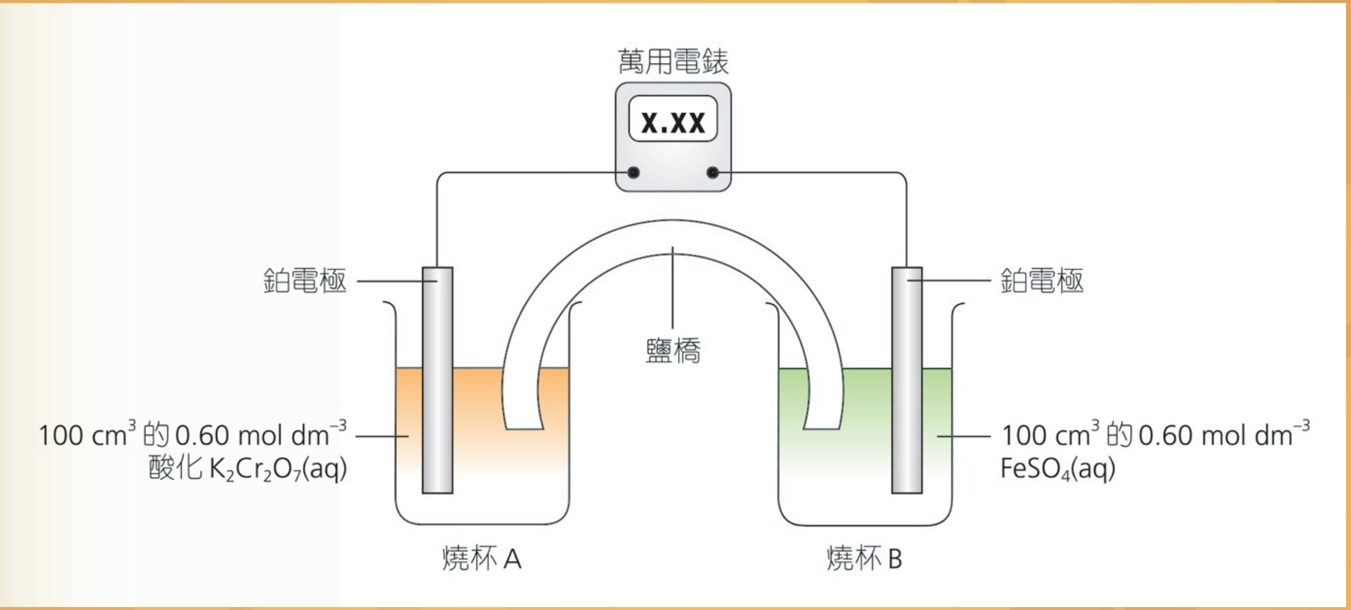
- 在燒杯 X 中，酸化高錳酸根離子被還原成錳(II) 離子，所以紫色溶液的顏色逐漸變淺。

- 在燒杯 Y 中，碘離子被氧化成碘，所以無色的溶液變成棕色。

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

問 (例題 21.1)

考慮以下的化學電池。



燒杯 A 中的酸化 $K_2Cr_2O_7$(aq) 由橙色逐漸變成綠色。

a) 寫出在燒杯 A 中所發生的變化的半方程式，並解釋 $Cr_2O_7^{2-}$(aq) 離子是被氧化抑或被還原。

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

問 (例題 21.1) (續)

b) 該電池運作一段時間後，燒杯 B 中有甚麼可觀察到的變化？寫出所發生的變化的半方程式。

c) 指出電子在外電路的流動方向。

d) 該電池運作一段時間後，$K_2Cr_2O_7$(aq) 的濃度減少至 0.56 mol dm^{-3}(aq) 。這時 $FeSO_4$(aq) 的濃度是多少？

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

問 (例題 21.1) (續)

答

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

Cr 的氧化數由 +6 減至 +3，所以 $Cr_2O_7^{2-}(aq)$ 離子被還原。

b) 燒杯 B 中的 $FeSO_4(aq)$ 由淡綠色逐漸變成棕黃色。

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

電子怎從 $FeSO_4(aq)$ 經外電路流向 $K_2Cr_2O_7(aq)$。

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

問 (例題 21.1) (續)

答

d) 已反應的 $Cr_2O_7^{2-}$(aq) 離子的摩爾數 = $(0.60 - 0.56)\ \text{mol dm}^{-3} \times \frac{100}{1\ 000}\ \text{dm}^3$

= 4.0×10^{-3} mol

$Cr_2O_7^{2-}$(aq) 離子獲得電子的摩爾數 = $6 \times 4.0 \times 10^{-3}$ mol

= 2.4×10^{-3} mol

= Fe^{2+}(aq) 離子失去的電子的摩爾數

= 已反應的 Fe^{2+}(aq) 離子的摩爾數

這時 $FeSO_4$(aq) 的濃度 = $\dfrac{(0.60 \times \frac{100}{1\ 000} - 2.4 \times 10^{-2})\ \text{mol}}{\frac{100}{1\ 000}\ \text{dm}^{-3}}$

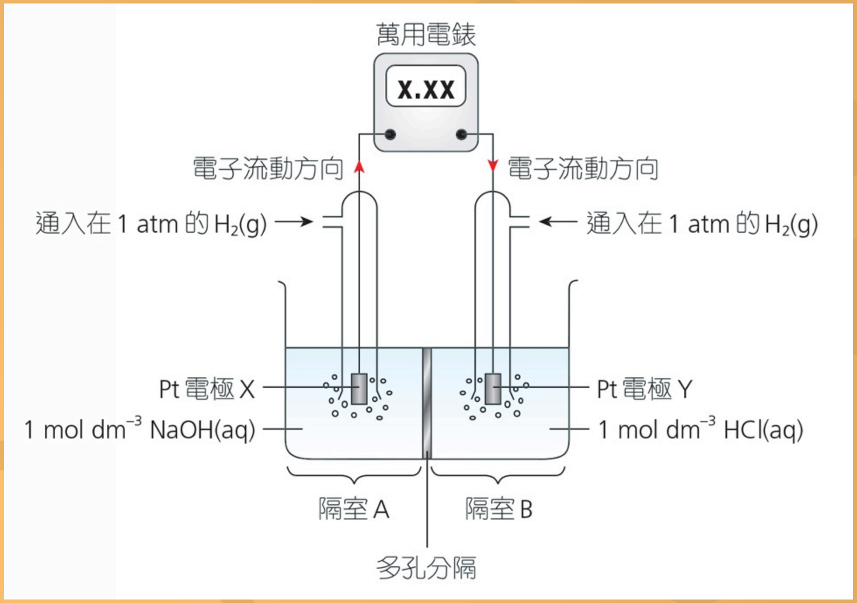
= $0.36\ \text{mol dm}^{-3}$

∴ 這時 $FeSO_4$(aq) 的濃度是 $0.36\ \text{mol dm}^{-3}$

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

問 (例題 21.2)

考慮以下的化學電池。



該化學電池的氧化還原的總方程式是：

$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$

電子從電極 X 經外電路流向電極 Y。

a) 隔室 A 中溶液的 pH 值逐漸下降。
寫出在電極 X 所發生的變化的半方程式。

b) 寫出在電極 Y 所發生的變化的半方程式。

c) 指出電極 X 抑或電極 Y 是陽極，並加以解釋。

d) 解釋隔室 B 中溶液的 pH 值會逐漸上升抑或下降。

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

問 (例題 21.2) (續)

答

a) $2OH^-(aq) + H_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l) + 2e^-$

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

c) 電極 X
氧化作在電極 X 發生。

d) 由於該溶液中氫離子的濃度減少，所以隔室 B 中溶液的 pH 值會逐漸上升。

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

問 (例題 21.3)

一個含鎘 (Cd) 電極的二級電池放電時，會發生以下兩項半反應：

$Cd(s) + 2OH^-(aq) \longrightarrow Cd(OH)_2(s) + 2e^-$

$NiO(OH)(s) + H_2O(l) + e^- \longrightarrow Ni(OH)_2(s) + OH^-(aq)$

a) 寫出該電池放電時發生的反應的總方程式。

b) 指出鎘電極是該電池的正電極抑或負電極。

c) 寫出把該電池再充電時，在鎘電極上所發生的變化的半方程式。

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

問 (例題 21.3) (續)

答

a) 把第二條半方程式乘以 2 ，然後合併兩條半方程式：

$$Cd(s) + \cancel{2OH^-(aq)} \longrightarrow Cd(OH)_2(s) + \cancel{2e^-}$$

$$2NiO(OH)(s) + 2H_2O(l) + \cancel{2e^-} \longrightarrow 2Ni(OH)_2(s) + \cancel{2OH^-(aq)}$$

$$Cd(s) + 2NiO(OH)(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Cd(OH)_2(s) + 2Ni(OH)_2(s)$$

b) 鎘電極是該電池的負電極。

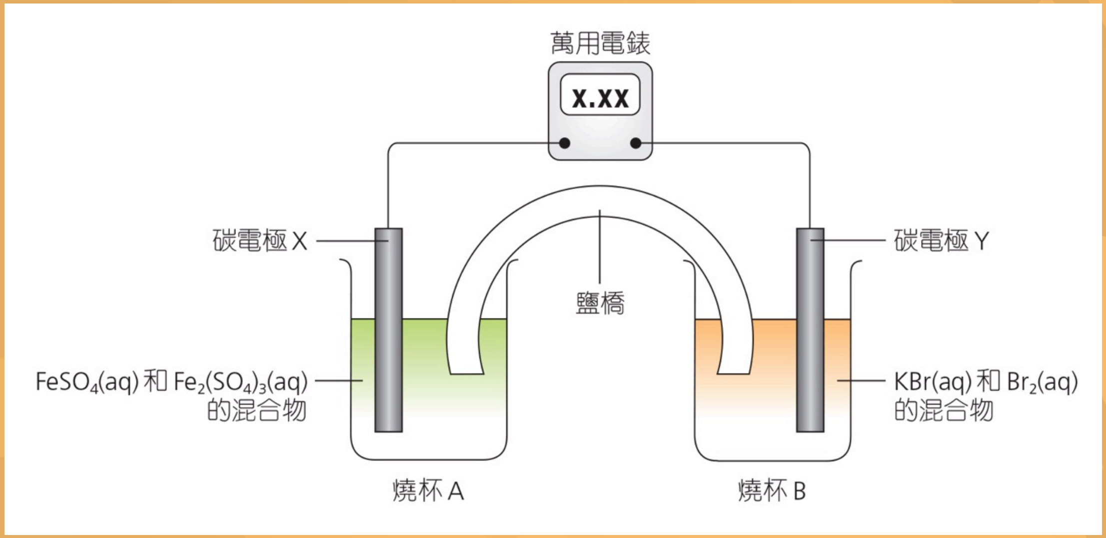
c) 把該電池再充電時，在每個電極發生的變化都與放電時相反。因此，在鎘電極所發生的變化的半方程式是：

$$Cd(OH)_2(s) + 2e^- \longrightarrow Cd(s) + 2OH^-(aq)$$

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

小測試 21.1

1 考慮下圖所示的實驗裝置。



已知 Br_2(aq) 是較 Fe^{3+}(aq) 離子強的氧化劑。

a) 寫出在燒杯 A 中所發生的變化的半方程式。

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

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

小測試 21.1 (續)

1 b) 該電池運作一段時間後，在燒杯 B 中有甚麼可觀察到的變化？寫出所發生的變化的半方程式。

KBr(aq) 和 Br_2(aq) 的混合物褪色，棕黃色的溴變成無色的溴離子。

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

c) 指出電極 X 抑或電極 Y 是陽極，並加以解釋。

電極 X 是陽極。

氧化作用在電極 X 發生。

21.1 含惰性電極的化學電池 (頁108)

小測試 21.1 (續)

2 氧化銀電池廣泛用於助聽器，以下方程式展示該電池放電時電池內所發生的總反應。

$$Zn(s) + Ag_2O(s) \longrightarrow ZnO(s) + 2Ag(s)$$

a) 根據氧化數的改變，辨認該電池中的氧化劑。

Ag_2O 是該電池中的氧化劑。

Ag 的氧化數由 +1 減至 0。

b) 完成在該電池的陽極所發生的變化的半方程式。

$$Zn(s) + \underline{\ 2\ }OH^-(aq) \longrightarrow ZnO(s) + H_2O(l) + \underline{\ 2\ }e^-$$

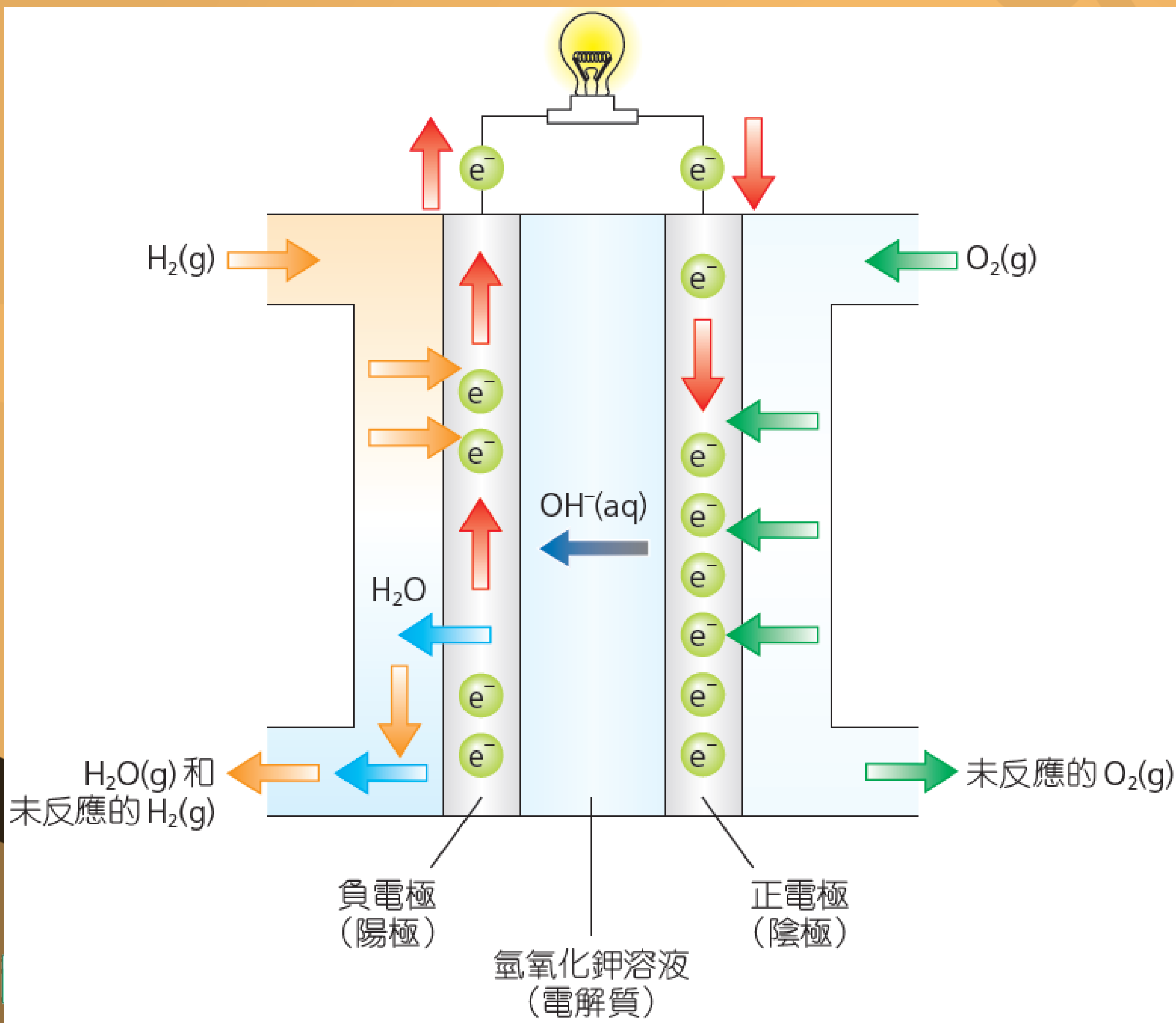
21.2 氫氧燃料電池 (頁114)

- **燃料電池 (fuel cell)** 是一種可以持續地為其供應所需反應物，同時亦可持續地去除反應生成物的化學電池。
- 燃料電池如乾電池般利用化學反應來產生電能，不同的是可不間斷地為它補充燃料。
- 常見的燃料電池的基本原理是氫與氧反應生成水，過程中所放出的能量大部分轉化為電能。

使用氫燃料電池的汽車

21.2 氫氧燃料電池 (頁114)

- 使用鹼性電解質的**氫氧燃料電池 (hydrogen-oxygen fuel cell)** 的簡化圖。



燃料電池 參

21.2 氫氧燃料電池 (頁114)

- 電池的負電極是被鎳覆蓋的多孔石墨，正電極是被鎳和氧化鎳(II) 覆蓋的多孔石墨。
- 鎳和氧化鎳(II) 作為催化劑以催化在電極表面發生的反應。電池的電解質則是氫氧化鉀溶液。
- 作為燃料的氫進入負電極（陽極）的間隔，擴散至多孔負電極並與氫氧離子反應，生成水及釋放電子至外電路。

$$H_2(g) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + 2e^-$$

21.2 氫氧燃料電池 (頁114)

- 作為氧化劑的氧則進入正電極（陰極）的間隔，擴散至多孔正電極並從外電路獲得電子，生成氫氧離子。

$$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$$

- 合併以上兩條半方程式可得出該氧化還原反應的總方程式：

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

21.2 氫氧燃料電池 (頁114)

氫氧燃料電池的優點

- 它不會釋出污染物，其唯一的生成物是水。
- 它的能量轉換效率非常高，可把約 70% 的化學能轉換成電能，遠比使用化石燃料的發電廠只能轉換 45% 的能量高。
- 它不需再充電。
- 它備有不同的大小，以配合各種用途。

21.2 氫氧燃料電池 (頁114)

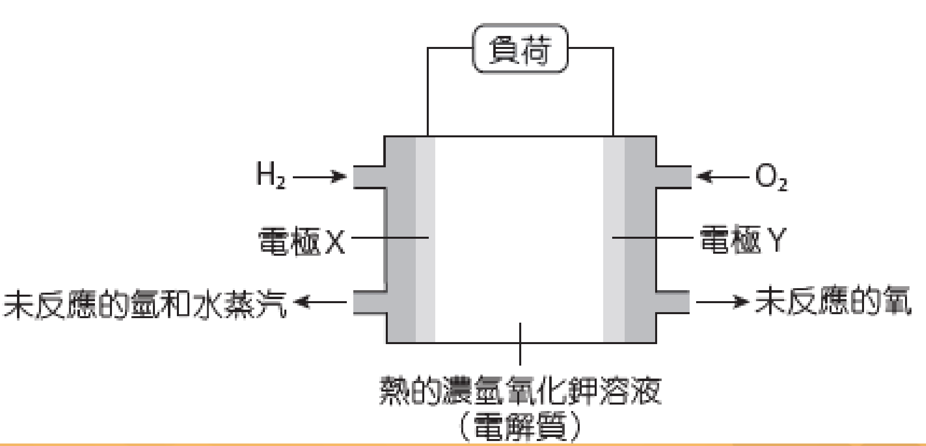
使用氫氧燃料電池所帶來的問題

- 電池的製作成本高昂。
- 氫具爆炸性，運送時需特別謹慎。
- 氫不易貯存。
- 現今所用的氫大多產自甲烷，但甲烷是有限的資源。氫亦可從可再生資源製造，例如在風電製氫的工場中利用從風力產生的電，通過水的電解來製造氫，但價格較高昂。
- 電池在低温下不能有效運作。

21.2 氫氧燃料電池 (頁114)

小測試 21.2

燃料電池通過氧把燃料氧化而產生電能。下圖展示一個氫氧燃料電池，以濃氫氧化鉀溶液為電解質。



a) i) 解釋電極 X 是陽極抑或陰極。

電極 X 是陽極

在電極 X，氫與氫氧離子反應生成水。氧化作用在此發生。

ii) 寫出在電極 X 所發生的變化的半方程式。

$H_2(g) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + 2e^-$

21.2 氫氧燃料電池 (頁114)

小測試 21.2 (續)

b) 寫出在電極 Y 所發生的變化的半方程式。

$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

c) 氫氧燃料電池產生水。

水不是污染物，但燃料電池仍會導致污染。

提出燃料電池怎樣導致污染。

燃燒化石燃料，以生產燃料電池 / 製造原料，會造成污染。

燃料電池含有毒的催化劑 (需要棄置)。

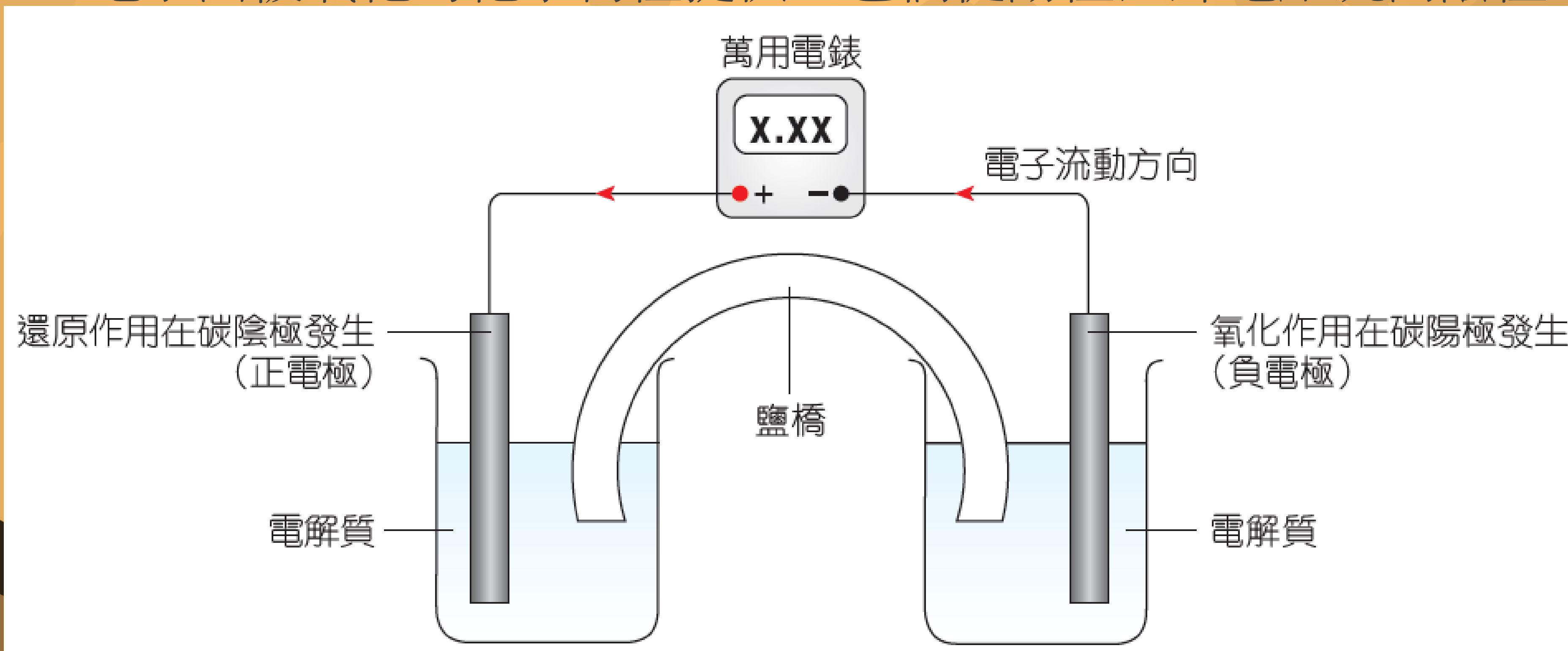
關鍵詞彙 (頁119)

惰性電極	inert electrode	燃料電池	fuel cell
陽極	anode	氫氧燃料電池	hydrogen-oxygen cell
陰極	cathode		

摘要 (頁120)

1 在含惰性電極的化學電池中，
- 氧化作用在陽極發生；
- 還原作用在陰極發生。

2 電子由被氧化的化學物種提供，它們從陽極經外電路流向陰極。



摘要 (頁120)

3 在氫氧燃料電池內，氫與氧反應產生電能。

a) 在負電極（或陽極）間隔發生的反應：

$$H_2(g) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + 2e^-$$

b) 在正電極（或陰極）間隔發生的反應：

$$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$$

c) 氧化還原反應的總方程式是：

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

按節練習 (頁121)

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；

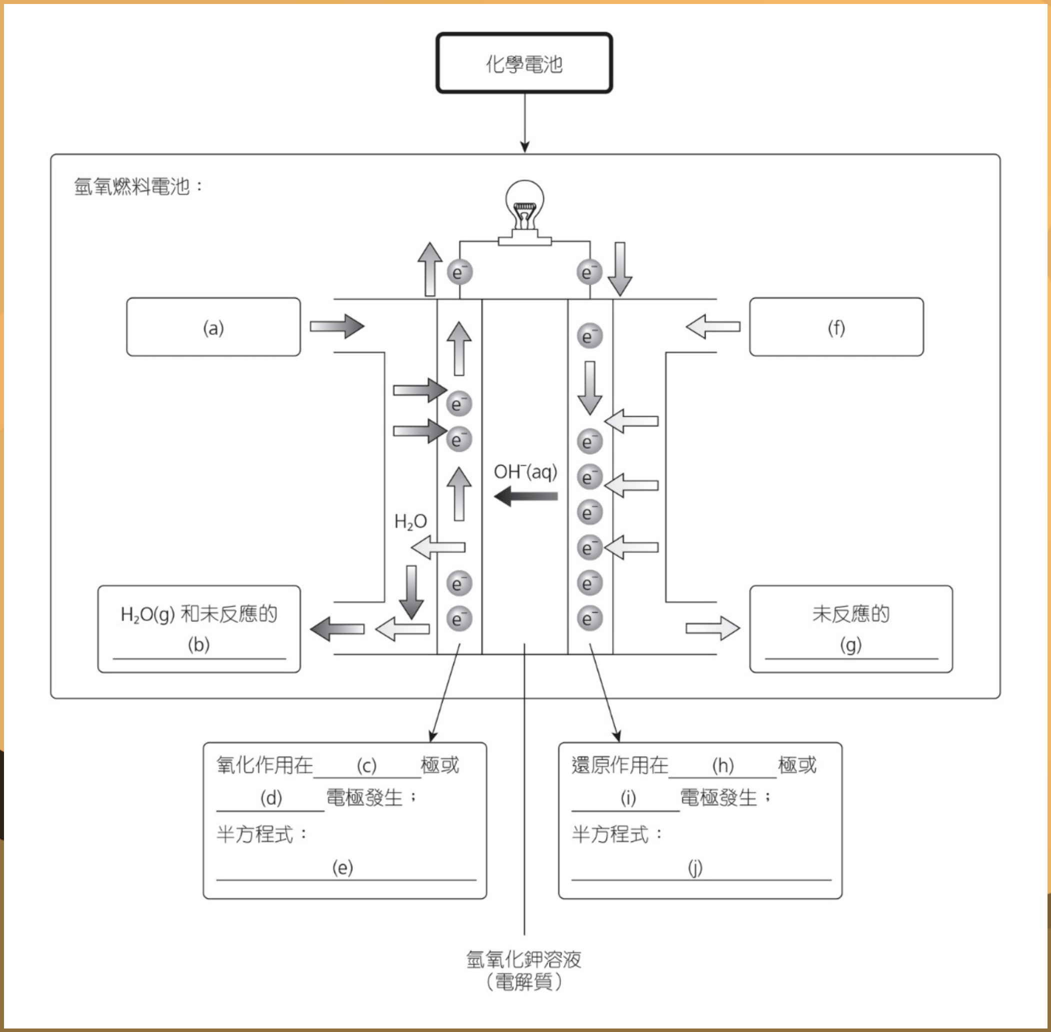
 題目以5 級程度為目標。

「 * 」 顯示有效的傳意可取一分。

按節練習 (頁121)

第一部分 知識和理解

1 完成以下概念圖。

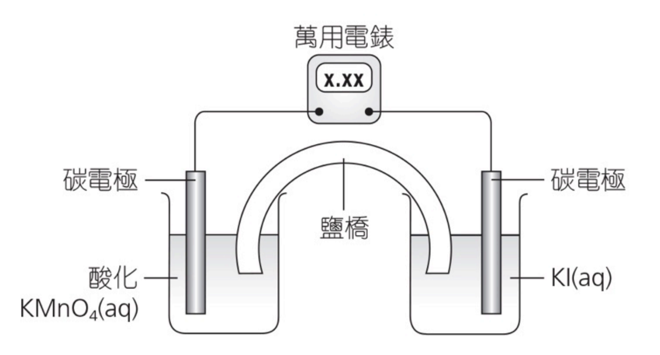


a) 氫
b) 氫
c) 陽
d) 負
e) $H_2(g) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + 2e^-$
f) 氧
g) 氧
h) 陰
i) 正
j) $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

按節練習 (頁121)

第二部分 多項選擇題

2 考慮下圖所示的化學電池。



下列哪個組合正確？

	陽極的極性	在陽極所發生的變化的半方程式
A	+	$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$
B	+	$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$
C	–	$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$
D	–	$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$

題解：

在酸化 $KMnO_4(aq)$ 中電極發生的變化是：

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

在 KI(aq) 中電極發生的變化是：

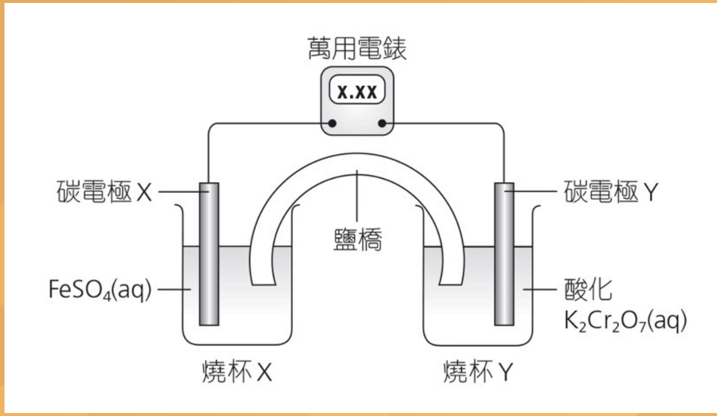
$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$

在 KI(aq) 中電極發生氧化作用，這是陽極。氧化作用產生的電子流向酸化 $KMnO_4(aq)$ 中的碳電極的表面。因此，陽極是帶負電荷的。

答案：C

按節練習 (頁121)

3 考慮下圖所示的化學電池。



題解：
在電極 X 發生的變化是:
$Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$
在電極 Y 發生的變化是:
$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$
電子從 $FeSO_4(aq)$ 經外電路流向 $K_2Cr_2O_7(aq)$。

下列哪項有關化學電池的陳述正確？

A 電極 X 是陰極。
B 電子從電極 X 經外電路流向電極 Y。
C 經一段時間後，燒杯 X 中的內容物變成深綠色。
D 經一段時間後，燒杯 Y 中的內容物變成無色。

答案：B

按節練習 (頁121)

4 氧化銀鈕型電池常用於助聽器，以下的半方程式表示電池放電時所發生的變化。

題解：
選擇 A — 電極 X 是陰極，因為還原作用在此發生。
選擇 B — 鋅在電極 Y 進行氧化作用。
選擇 D — 電子不會在電解質中流動。

在電極 X：

$$Ag_2O(s) + H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow 2Ag(s) + 2OH^-(aq)$$

在電極 Y：

$$Zn(s) + 2OH^-(aq) \longrightarrow ZnO(s) + H_2O(l) + 2e^-$$

下列哪項有關該電池的陳述不正確？

A 電極 X 是陰極。
B 氧化作用在電極 Y 發生。
C 電極 Y 是負電極。
D 電子從電極 Y 經電解質流向電極 X。

答案：D

按節練習 (頁121)

5 以下方程式顯示某二級電池放電時的反應：

$$2NiO(OH)(s) + Cd(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2Ni(OH)_2(s) + Cd(OH)_2(s)$$

下列哪半方程式顯示當該電池被充電時在負極的改變？

A $Cd(s) + 2OH^-(aq) \longrightarrow Cd(OH)_2(s) + 2e^-$

B $Cd(OH)_2(s) + 2e^- \longrightarrow Cd(s) + 2OH^-(aq)$

C $Ni(OH)_2(s) + OH^-(aq) \longrightarrow NiO(OH)(s) + H_2O(l) + e^-$

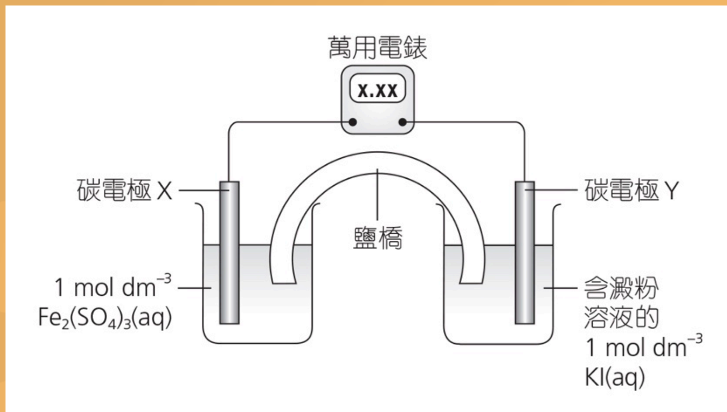
D $NiO(OH)(s) + H_2O(l) + e^- \longrightarrow Ni(OH)_2(s) + OH^-(aq)$

(HKDSE, Paper 1A, 2016, 15)

答案：B

按節練習 (頁121)

6 考慮下圖所示的化學電池。



題解：

在電極 X 發生的變化是：

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

在電極 Y 發生的變化是：

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

選擇 A — 電子從電極 Y 經外電路流向電極 X。

選擇 B — 還原作用在電極 X 發生。

選擇 C — 氧化作用在電極 Y 發生。因此，這是陽極。

選擇 D — I_2(aq) 與澱粉結合，變成藍色。

下列哪項有關該化學電池的陳述正確？

答案：D

A 電子從電極 X 經外電路流向電極 Y。

B 氧化作用在電極 X 發生。

C 電極 Y 是陰極。

D 電池運作一段時間後，KI(aq) 中呈現藍色。

按節練習 (頁121)

7 列有關氫氧燃料電池的陳述，何者<u>不正確</u>？

A 它含有催化劑。
B 在放電時有水生成。
C 氧氣通進陽極。
D 氫氣作為還原劑。

(HKDSE, Paper 1A, 2017, 8)

答案：C

按節練習 (頁121)

8 下列哪些是在化學電池的陰極發生的變化？

(1) 從 $Zn^{2+}(aq)$ 變成 $Zn(s)$
(2) 從 $Br_2(l)$ 變成 $Br^-(aq)$
(3) 從 $Mg(s)$ 變成 $Mg^{2+}(aq)$

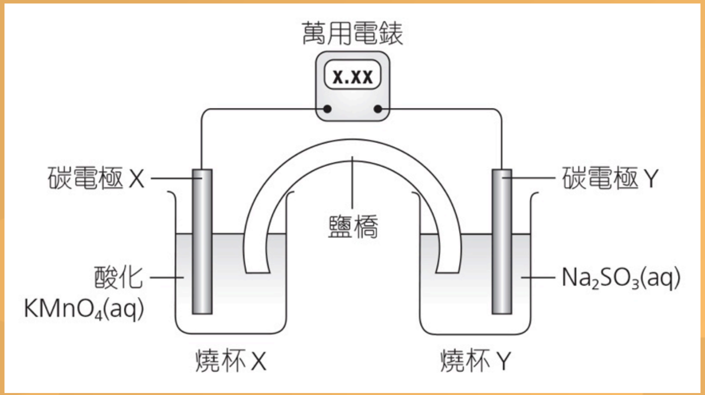
A 只有 (1) 和 (2)
B 只有 (1) 和 (3)
C 只有 (2) 和 (3)
D (1)、(2) 和 (3)

題解：
在化學電池中，還原作用在陰極發生。
$Zn^{2+}(aq)$ 變成 $Zn(s)$ 及 Br (l) 變成 $Br^-(aq)$ 都是還原作用。

答案：A

按節練習 (頁121)

9 考慮下圖所示的化學電池。



下列有關化學電池的陳述，何者正確？

(1) 電極 Y 是陰極。

(2) 燒杯 X 中的溶液逐漸褪色。

(3) 電子從電極 X 經鹽橋流向電極 Y。

A 只有 (1)

B 只有 (2)

C 只有 (1) 和 (3)

D 只有 (2) 和 (3)

題解：

在電極 X 發生的變化是：

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

在電極 Y 發生的變化是：

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

(1) 氧化作用在電極 Y 發生。因此，這是陽極。

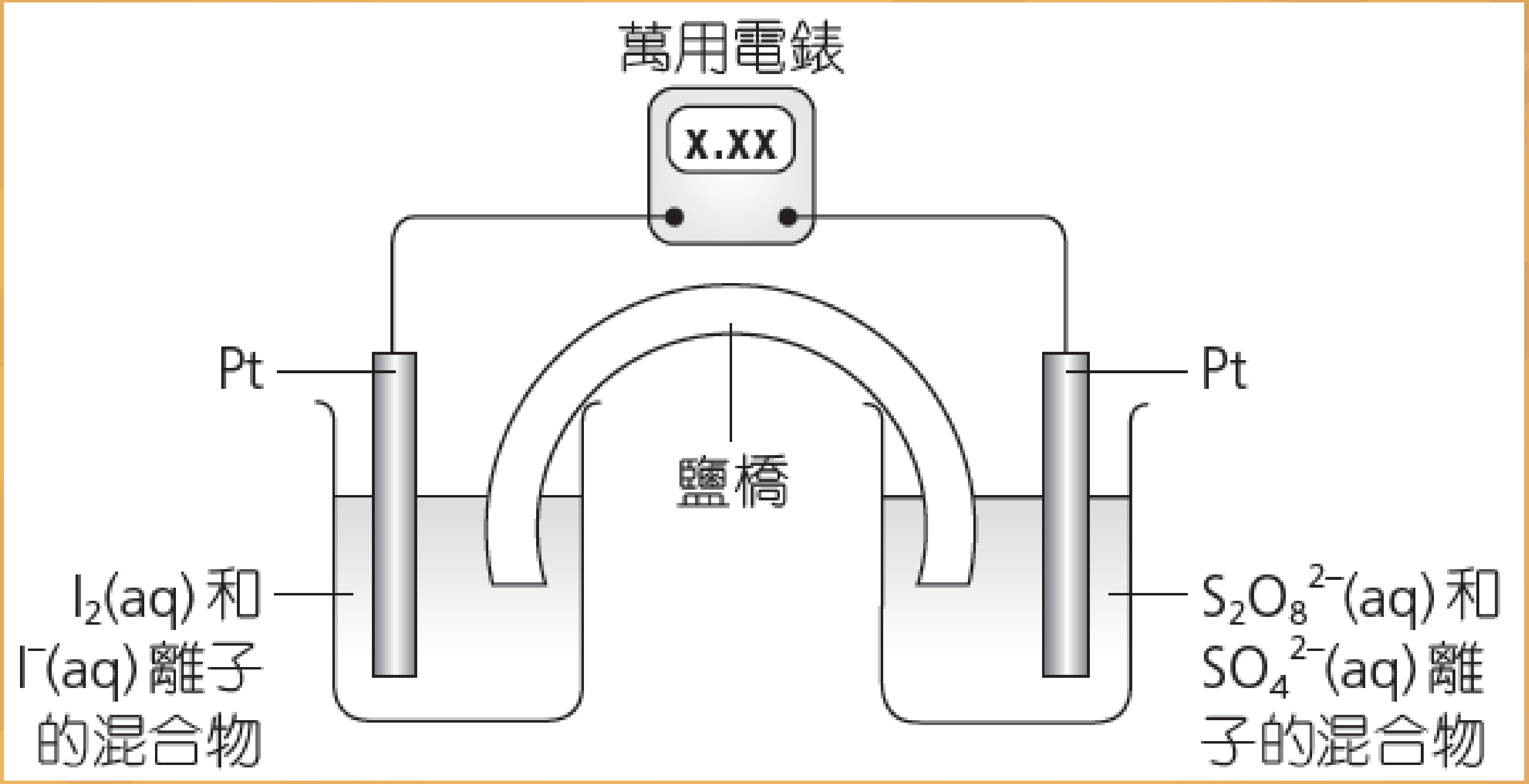
(2) 燒杯 X 中紫色的 $MnO_4^-(aq)$ 離子逐漸變成淡粉紅色的 $Mn^{2+}(aq)$ 離子。

(3) 電子流經外電路，不是鹽橋。

答案：B

按節練習 (頁121)

10 考慮下圖所示的化學電池。



按節練習 (頁121)

10 (續)

已知 $S_2O_8^{2-}(aq)$ 離子是較 $I_2(aq)$ 強的氧化劑。
這電池產生電流時，下列的半方程式，何者表示所發生的變化？

(1) $S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2SO_4^{2-}(aq)$
(2) $2SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^-$
(3) $I_2(aq) + 2e^- \longrightarrow 2I^-(aq)$

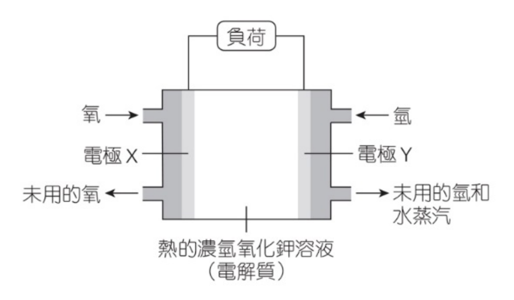
A 只有 (1)
B 只有 (2)
C 只有 (1) 和 (3)
D 只有 (2) 和 (3)

題解：
$S_2O_8^{2-}(aq)$ 離子作為氧化劑接收經外電路流至的電子。
$S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2SO_4^{2-}(aq)$
電子從 $I^-(aq)$ 離子經外電路流向含 $S_2O_8^{2-}(aq)$ 和 $SO_4^{2-}(aq)$ 離子混合物的燒杯。
$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$

答案：A

按節練習 (頁121)

11 考慮下圖所示的燃料電池。



下列有關該燃料電池的陳述，何者正確？

(1) 電子從電極 Y 經外電路流向電極 X。
(2) $OH^-(aq)$離子移向電極 X。
(3) $H_2(g)$ 和 $O_2(g)$ 均作為電池的燃料。

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

題解：
在電極X發生的變化是：
$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$
在電極 Y 發生的變化是：
$H_2(g) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + 2e^-$
(2) $OH^-(aq)$ 離子移向電極 Y。
(3) $H_2(g)$ 作為燃料，$O_2(g)$ 則是氧化劑。

答案：A

按節練習 (頁121)

第三部分 結構性問題

12 上述實驗使用了鋅碳電池。以下方程式表示當燈泡亮着時，在鋅碳電池內所發生的反應。

$$2MnO_2(s) + 2NH_4Cl(aq) + Zn(s) \longrightarrow Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O(l) + ZnCl_2(aq)$$

a) 參照氧化數的改變，推定鋅碳電池內的氧化劑。

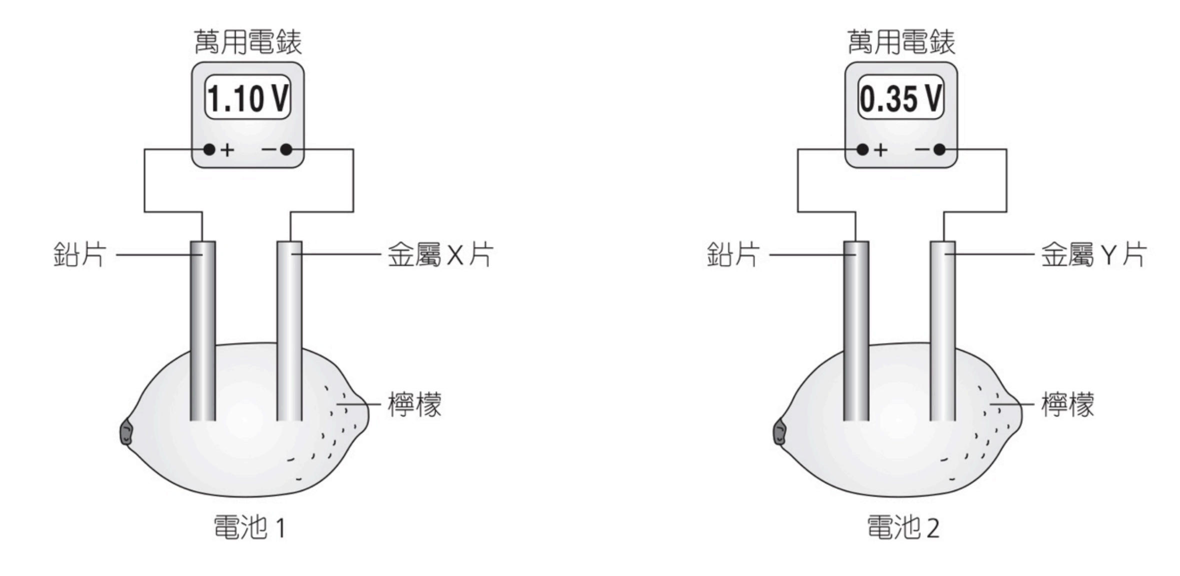
b) 寫出在鋅碳電池陰極上所起變化的半方程式。

(HKDSE, Paper 1B, 2016, 8(c))

香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

按節練習 (頁121)

13 下圖展示兩個檸檬電池。



a) 把金屬 X、金屬 Y 和鉛按其還原能力的遞增次序排列，並加以解釋。

還原能力遞增		
鉛	Y	X

(1)

按節練習 (頁121)

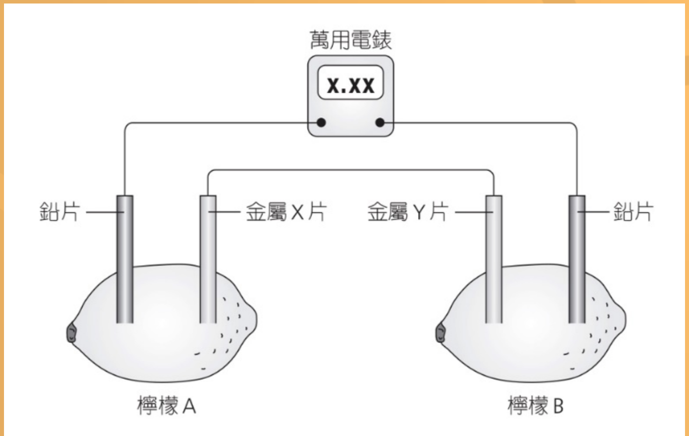
13 (續)

b) 解釋鉛片還是金屬 X 片是電池 1 的陽極。

金屬 X 片是陽極。

氧化作用在此發生。(1)

c) 利用金屬片和檸檬製作以下裝置。

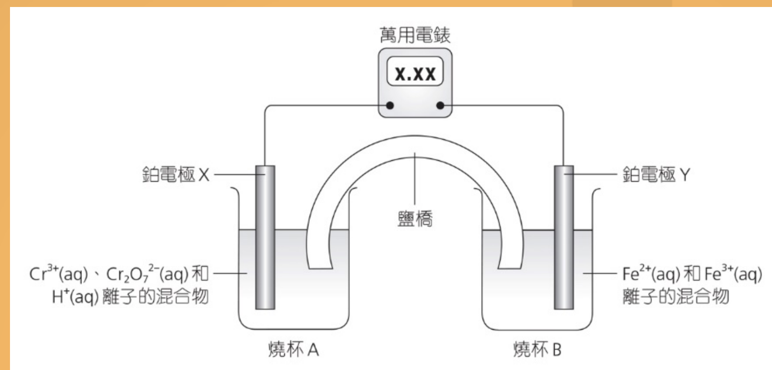


指出在金屬 X 片與金屬 Y 片之間的接線中電子的流動方向，並加以解釋。

電子從金屬 X 片流向金屬 Y 片，因為 X 的還原能力比 Y 的高。(1)

按節練習 (頁121)

14 考慮下圖所示的化學電池。電子從電極 Y 經外電路流向電極 X。



a) 該電池運作一段時間後，在每個燒杯中有甚麼可觀察到的變化? 寫出在每個燒杯內所發生的變化的半方程式。

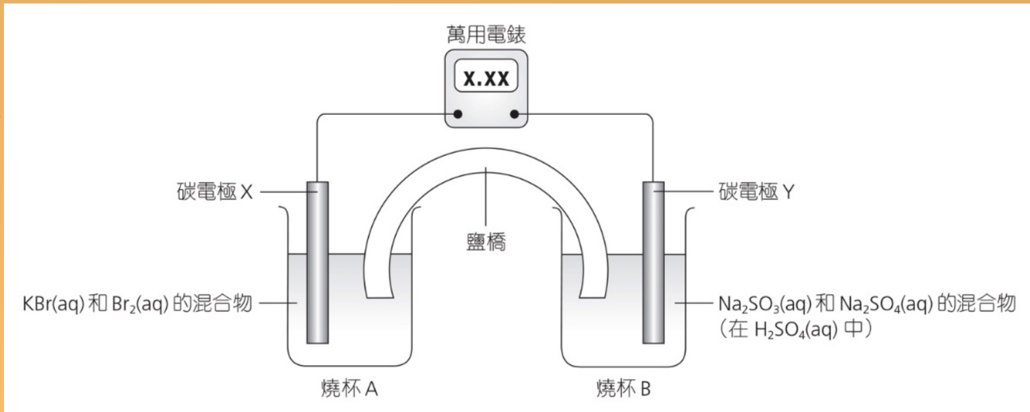
燒杯 A 中混合物的綠色變得更深。(1)
燒杯 B 中混合物的棕黃色變得更深。(1)
燒杯 A：$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$ (1)
燒杯 B：$Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$ (1)

b) 寫出涉及反應的化學方程式。

電極 X 是陰極，因為還原作用在此發生。(1)

按節練習 (頁121)

15 考慮下圖所示的化學電池。



該化學電池運作一段時間後，燒杯 A 中混合物的顏色逐漸變淺。

a) 寫出在每個燒杯內所發生的變化的半方程式。

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

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

b) 解釋電極 X 抑或電極 Y 是陽極。

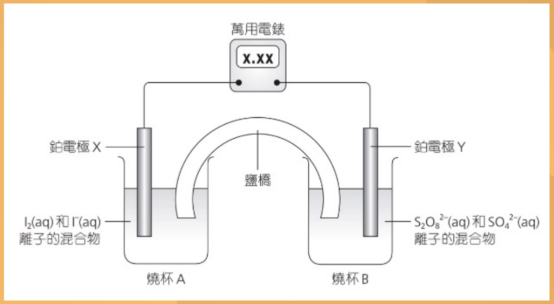
電極 Y 是陽極，因為氧化作用在此發生。 (1)

c) 指出電子在外電路的流動方向。

從電極 Y 流向電極 X (1)

按節練習 (頁121)

16 過氧化二硫酸鉀是白色的晶狀化合物，其化學式為 $K_2S_2O_8$。下圖所示的化學電池使用含 $S_2O_8^{2-}$ 離子的溶液。



化學電池操作一段時間後，燒杯 A 中的混合物的棕色變得更深。

a) 寫出鉑電極在這電池中的功用。

惰性電極的作用是讓電荷 / 電流 / 電子通過。 (1)

b) 寫出在每個燒杯內所發生的變化的半方程式。

燒杯 A：$2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$ (1)

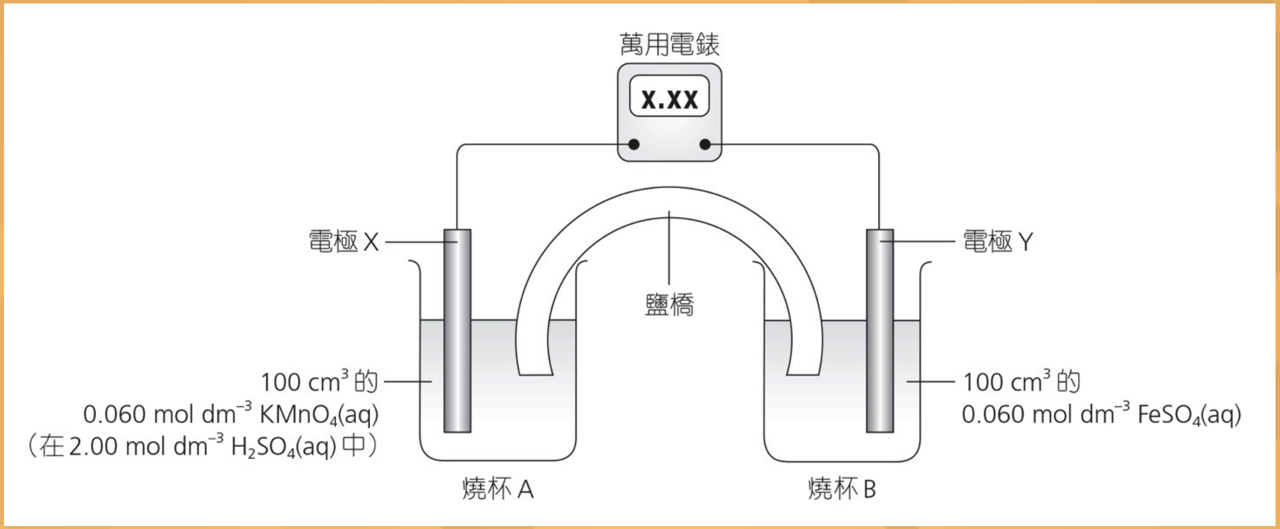
燒杯 B：$S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2SO_4^{2-}(aq)$ (1)

c) 判斷哪個電極是陰極，並解釋你的答案。

電極 Y 是陰極，因為還原作用在此發生。 (1)

按節練習 (頁121)

17 考慮以下處於起始狀態的化學電池：



a) 建議一種常用於製造電極 X 和電極 Y 的物料。

碳 / 石墨 (1)

b) 該化學電池運作一段時間後，燒杯 A 中紫色的 $KMnO_4(aq)$ 逐漸變淺。寫出在每個燒杯內所發生的變化的半方程式。

$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$ (1)

$Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$ (1)

按節練習 (頁121)

17 (續)

c) 指出電子在外電路的流動方向。

從電極 Y 流向電極 X (1)

d) 判斷哪個電極是陰極，並解釋你的答案。

電極 X 是陰極，因為還原作用在此發生。 (1)

e) 一段時間過後，$KMnO_4(aq)$ 的濃度下降至 0.056 mol dm^{-3}。這時 $FeSO_4(aq)$ 的濃度是多少？

已反應的 $MnO_4^-(aq)$ 離子的摩爾數 = $(0.060 - 0.056)\ \text{mol dm}^{-3} \times \dfrac{100}{1\ 000}\ \text{dm}^3$

$= 4.0 \times 10^{-4}$ mol (1)

$MnO_4^-(aq)$ 離子獲得的電子的摩爾數 = $5 \times 4.0 \times 10^{-4}$ mol

= 0.0020 mol (1)

= 已反應的 $Fe^{2+}(aq)$ 離子的摩爾數

這時 $FeSO_4(aq)$ 的濃度 = $\dfrac{\left(0.060 \times \dfrac{100}{1\ 000} - 0.0020\right)\ \text{mol}}{\dfrac{100}{1\ 000}\ \text{dm}^3}$

= 0.040 mol dm^{-3} (1)

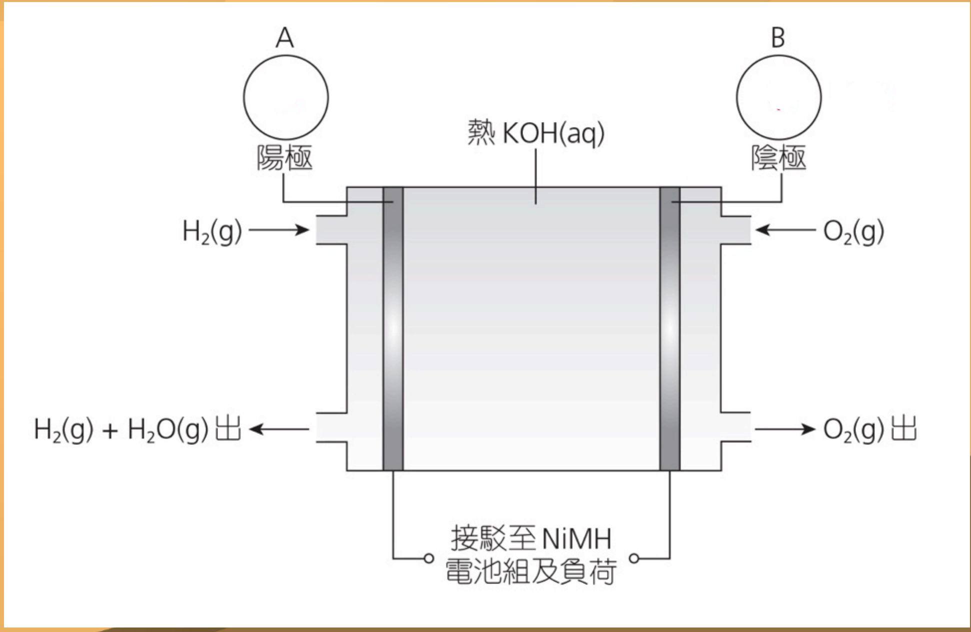
∴ 這時 $FeSO_4(aq)$ 的濃度是 0.040 mol dm^{-3}。

按節練習 (頁121)

18 某汽車製造商正在設計一輛雙電源概念電動車。這輛車是由一個氫燃料電池和一個鎳金屬氫 化物電池組(NiMH 電池組)所驅動。把含有氧氣的空氣和氫氣輸入燃料電池，就能產生電力。NiMH 電池組可用外置電源再充電。燃料電池和 NiMH 電池組共同提供電力以驅動汽車的引擎 (負荷)。以下是由燃料電池、NiMH 電池組和負荷組成的電路。

該燃料電池的總反應是：

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$$



按節練習 (頁121)

18 (續)

a) 考慮氫燃料電池。

i) 在上圖的圓圈 A 和 B 中，寫出燃料電池的陽極和陰極的極性 (+ 或 –)。

A：–；B：+

ii) 寫出分別在燃料電池的陽極和陰極所發生的變化的半方程式。

陽極：$H_2(g) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + 2e^-$ (1)

陰極：$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$ (1)

按節練習 (頁121)

18 (續)

b) 汽車使用的電池組是由多個鎳金屬氫化物電池(NiMH 電池)連接組成。

在每個電池的電極所發生的變化的半方程式顯示如下:

在電極 X: $NiO(OH)(s) + H_2O(l) + e^- \longrightarrow Ni(OH)_2(s) + OH^-(aq)$

在電極 Y: $MH(s) + OH^-(aq) \longrightarrow M(s) + H_2O(l) + e^-$

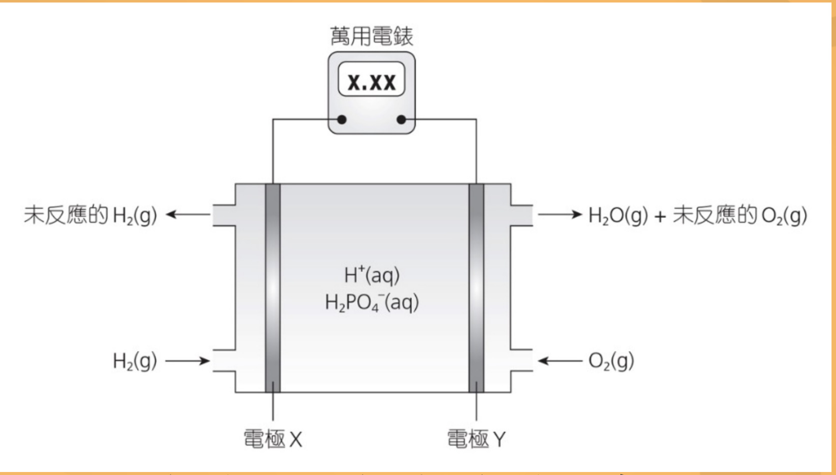
指出電池的陽極，並解釋你的選擇。

電極 Y 是陽極，因為<u>氧化作用在此發生</u>。 (1)

按節練習 (頁121)

19 磷酸燃料電池可以為巴士提供動力。電池的反應物是氫氣和氧氣，電解質是濃磷酸。

磷酸燃料電池的簡圖顯示如下：



在電極 Y 所發生的變化的半方程式是：

$$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$$

a) 寫出在電極 X 所發生的變化的半方程式。

$$H_2(g) \longrightarrow 2H^+(aq) + 2e^- \quad (1)$$

按節練習 (頁121)

19 (續)

b) 指出電極 Y 是陽極抑或陰極，並解釋你的答案。

電極 Y 是陰極，因為還原作用在此發生。 (1)

c) 與用汽油驅動車輛引擎相比，描述使用這種燃料電池的一項優點和一項缺點。

以下任何一項優點：

- 較少的能量以熱的方式散失 (1)
- 較少的嘈音 (1)
- 與汽油引擎相比，能量轉換更為有效率 (1)
- 沒有二氧化碳、一氧化碳、未經燃燒的烴、氮氧化物、二氧化硫和懸浮粒子產生 (1)

以下任何一項缺點：

- 很難取得和儲存氫 (1)
- 氫具爆炸性，一旦泄漏會很危險 (1)
- 較昂貴 (1)