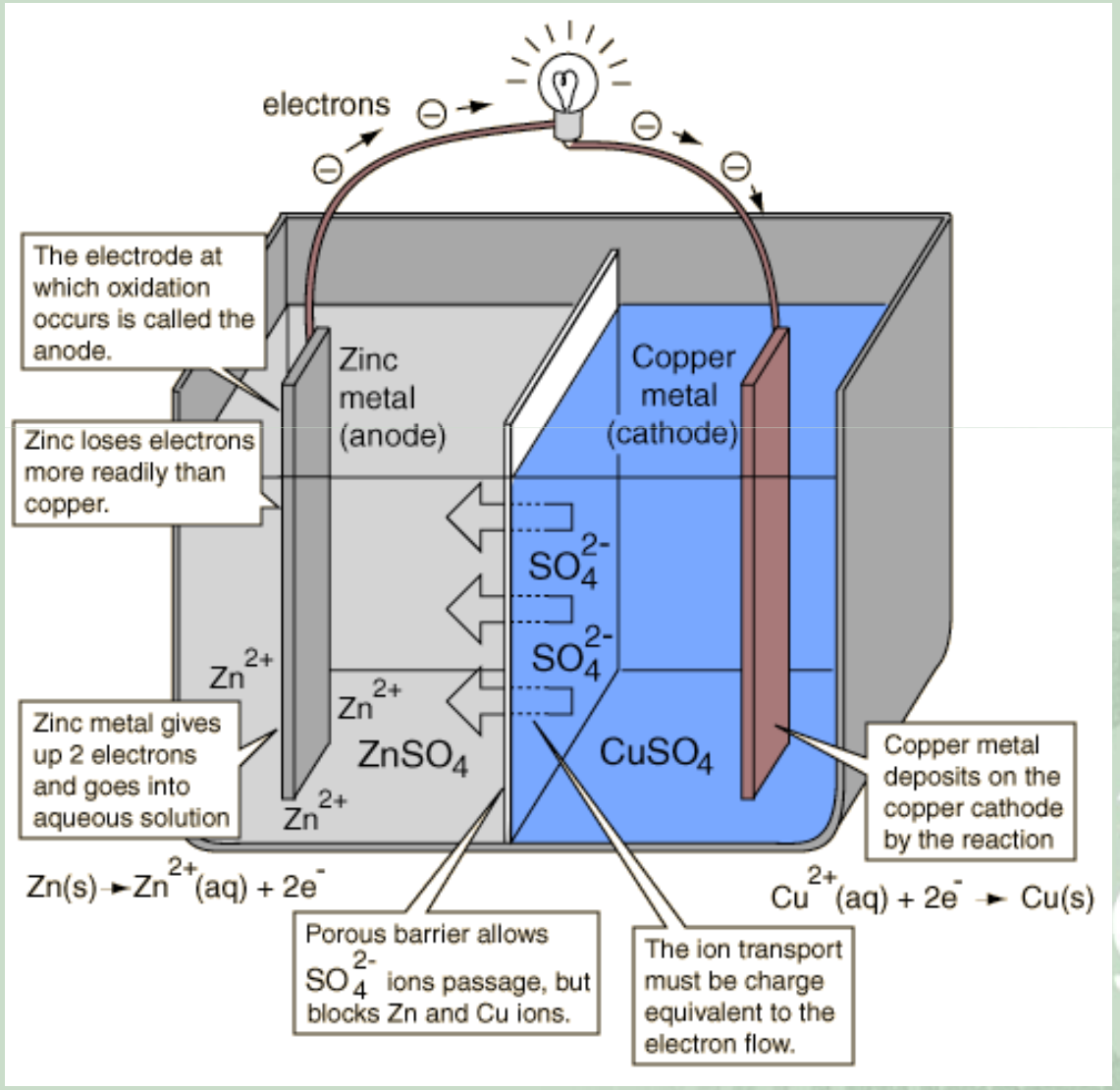
氫能與燃料電池

電池如何供應電能?

電池的種類與特性

氫能燃料電池的優勢是什麼?

電池的原理


electrons
The electrode at which oxidation occurs is called the anode.
Zinc metal (anode)
Copper metal (cathode)
Zinc loses electrons more readily than copper.
SO_4^{2-}
SO_4^{2-}
Zn^{2+}
Zn^{2+}
Zn^{2+}
$ZnSO_4$
$CuSO_4$
Zinc metal gives up 2 electrons and goes into aqueous solution
Copper metal deposits on the copper cathode by the reaction
$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$
Porous barrier allows SO_4^{2-} ions passage, but blocks Zn and Cu ions.
The ion transport must be charge equivalent to the electron flow.

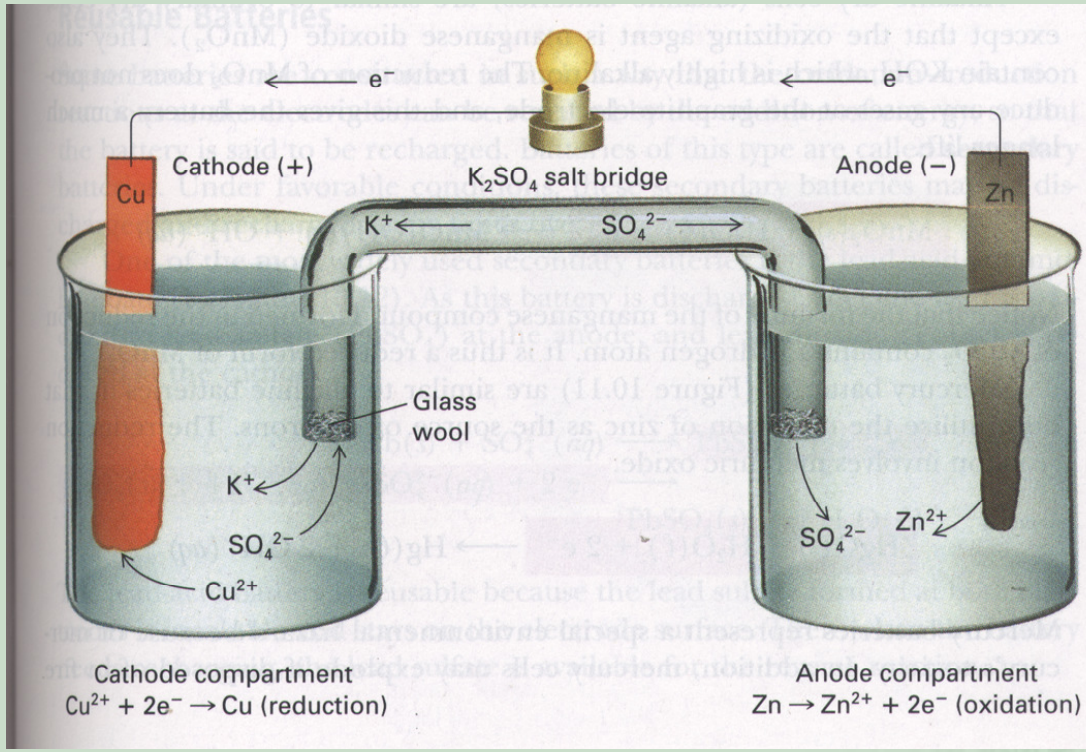


Figure 10.9 A simple electrochemical cell. The cell consists of a copper electrode in a solution containing Cu^{2+} ions (on the left), a zinc electrode in a solution containing Zn^{2+} ions, and a salt bridge that allows ions to flow into and out of the two solutions. When the two metal electrodes are connected by a conducting circuit, electrons flow from the zinc electrode, where zinc is oxidized, to the copper electrode, where copper is reduced. The overall reaction in this cell is $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

Chemistry for changing times, 8th ed. (1998) Hill & Kolb, Prentice Hall

電極的定義

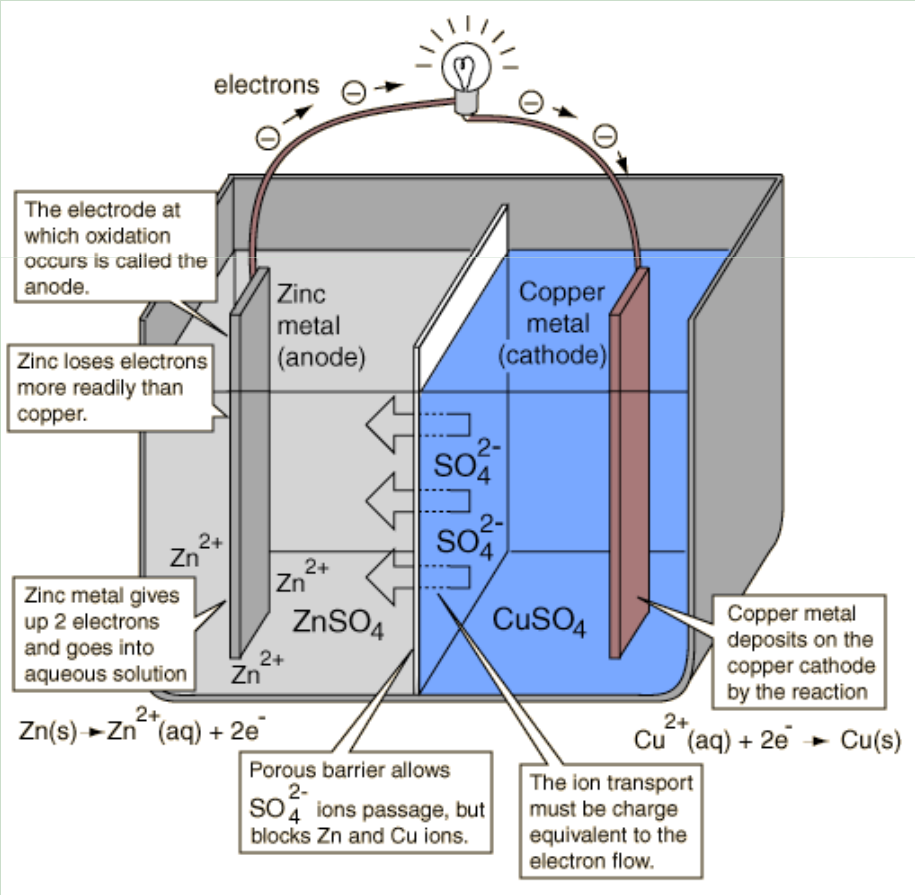
正極： 接收電子的電極

負極： 釋放電子的電極

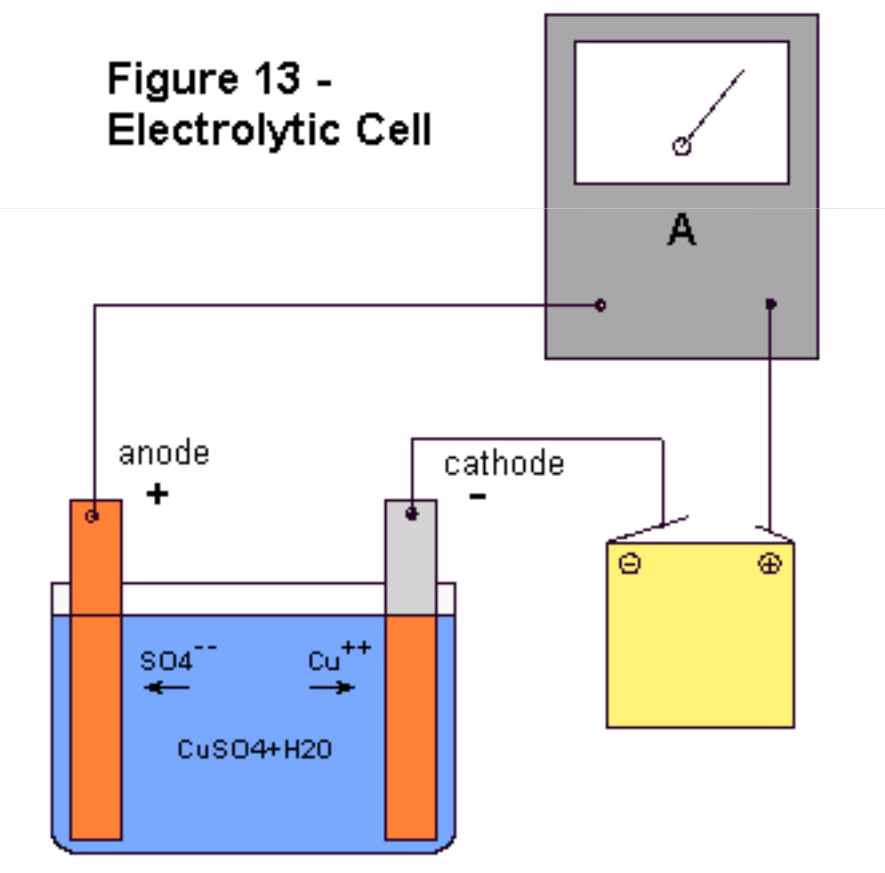
陽極： 陰離子趨向（發生氧化反應）的電極

陰極： 陽離子趨向（發生還原反應）的電極

電池作用時，接收電子的正極同時也是陽離子趨向（發生還原反應）的陰極；釋放電子的負極同時也是陰離子趨向（發生氧化反應）



電解反應或電鍍時，的陽極接收電子的正極同時也是陰離子趨向（發生氧化反應）的陽極；釋放電子的負極同時也是陽離子趨向（發生還原反應）的陰極



氧化還原電位

TABLE 19.1 Standard Reduction Potentials at 25°C*

HALF-REACTION	$E°$(V)
$Li^+(aq) + e^- \longrightarrow Li(s)$	−3.05
$K^+(aq) + e^- \longrightarrow K(s)$	−2.93
$Ba^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ba(s)$	−2.90
$Sr^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sr(s)$	−2.89
$Ca^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ca(s)$	−2.87
$Na^+(aq) + e^- \longrightarrow Na(s)$	−2.71
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Mg(s)$	−2.37
$Be^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Be(s)$	−1.85
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Al(s)$	−1.66
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Mn(s)$	−1.18
$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	−0.83
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Zn(s)$	−0.76
$Cr^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Cr(s)$	−0.74
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Fe(s)$	−0.44
$Cd^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cd(s)$	−0.40
$PbSO_4(s) + 2e^- \longrightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$	−0.31
$Co^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Co(s)$	−0.28
$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ni(s)$	−0.25
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sn(s)$	−0.14
$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Pb(s)$	−0.13
$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$	0.00
$Sn^{4+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sn^{2+}(aq)$	+0.13
$Cu^{2+}(aq) + e^- \longrightarrow Cu^+(aq)$	+0.15
$SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow SO_2(g) + 2H_2O$	+0.20
$AgCl(s) + e^- \longrightarrow Ag(s) + Cl^-(aq)$	+0.22
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$	+0.34
$O_2(g) + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$	+0.40
$I_2(s) + 2e^- \longrightarrow 2I^-(aq)$	+0.53
$MnO_4^-(aq) + 2H_2O + 3e^- \longrightarrow MnO_2(s) + 4OH^-(aq)$	+0.59
$O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2O_2(aq)$	+0.68
$Fe^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Fe^{2+}(aq)$	+0.77
$Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$	+0.80
$Hg_2^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Hg(l)$	+0.85
$2Hg^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Hg_2^{2+}(aq)$	+0.92
$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow NO(g) + 2H_2O$	+0.96
$Br_2(l) + 2e^- \longrightarrow 2Br^-(aq)$	+1.07
$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$	+1.23
$MnO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 2H_2O$	+1.23
$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O$	+1.33
$Cl_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$	+1.36
$Au^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Au(s)$	+1.50
$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O$	+1.51
$Ce^{4+}(aq) + e^- \longrightarrow Ce^{3+}(aq)$	+1.61
$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2e^- \longrightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O$	+1.70
$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$	+1.77
$Co^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Co^{2+}(aq)$	+1.82
$O_3(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow O_2(g) + H_2O(l)$	+2.07
$F_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2F^-(aq)$	+2.87

Increasing strength as oxidizing agent ↓

Increasing strength as reducing agent ↑

*For all half-reactions the concentration is 1 *M* for dissolved species and the pressure is 1 atm for gases. These are the standard-state values.

Chemistry for changing times, 8th ed. (1998) Hill & Kolb, Prentice Hall

鋅錳電池

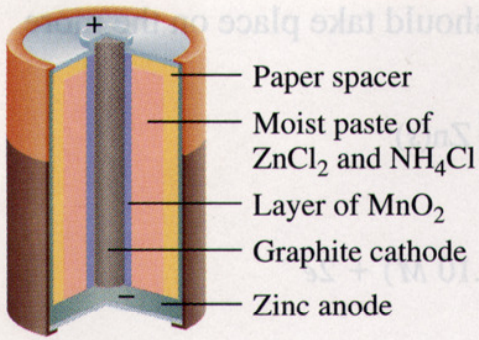


FIGURE 19.7 *Interior section of a dry cell of the kind used in flashlights and transistor radios. Actually, the cell is not completely dry, as it contains a moist electrolyte paste.*

$$\text{Anode:} \quad Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

$$\text{Cathode:} \quad 2NH_4^+(aq) + 2MnO_2(s) + 2e^- \longrightarrow Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O(l)$$

$$\text{Overall:} \quad Zn(s) + 2NH_4^+(aq) + 2MnO_2(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2NH_3(aq) + H_2O(l) + Mn_2O_3(s)$$

Chemistry for changing times, 8th ed. (1998) Hill & Kolb, Prentice Hall

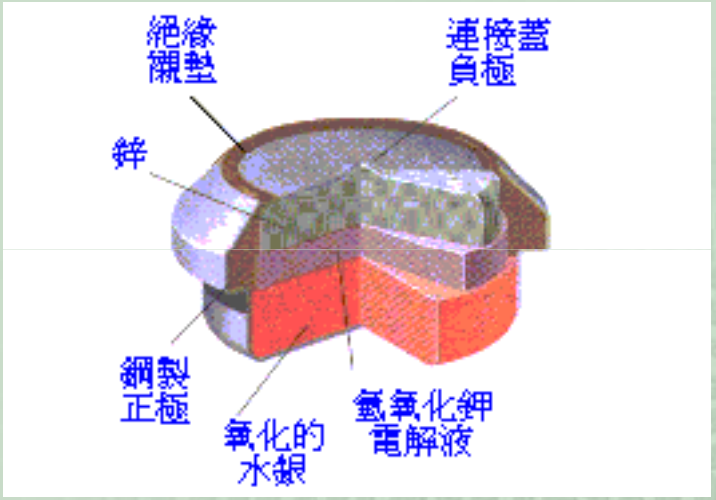
鹼性電池

以氫氧化鉀取代硫酸銨可增加二氧化錳的流動性，提升使用效能

$$4MnO_2(s) + H_2O(l) + 2Zn(s) \rightarrow 2Mn_2O_3(s) + Zn(OH)_2(s) + ZnO(s)$$

水銀電池

電壓約為1.35伏特。由於槽內KOH濃度並未因放電而改變，因此產生的電壓值非常穩定。基於這些優點，水銀電池可供作手錶、相機或計算機的電源。



$$\text{Anode:} \quad \text{Zn(Hg)} + 2\text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{ZnO}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^-$$

$$\text{Cathode:} \quad \text{HgO}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{Hg}(l) + 2\text{OH}^-(aq)$$

$$\text{Overall:} \quad \text{Zn(Hg)} + \text{HgO}(s) \longrightarrow \text{ZnO}(s) + \text{Hg}(l)$$

Chemistry for changing times, 8th ed. (1998) Hill & Kolb, Prentice Hall

銀電池

輸出電壓值約為1.5伏特，銀電池具有高穩定與低污染的特質，雖然價格略微昂貴，卻已逐漸取代水銀電池成為高級相機、心律調節器或高級電子產品的動力來源。

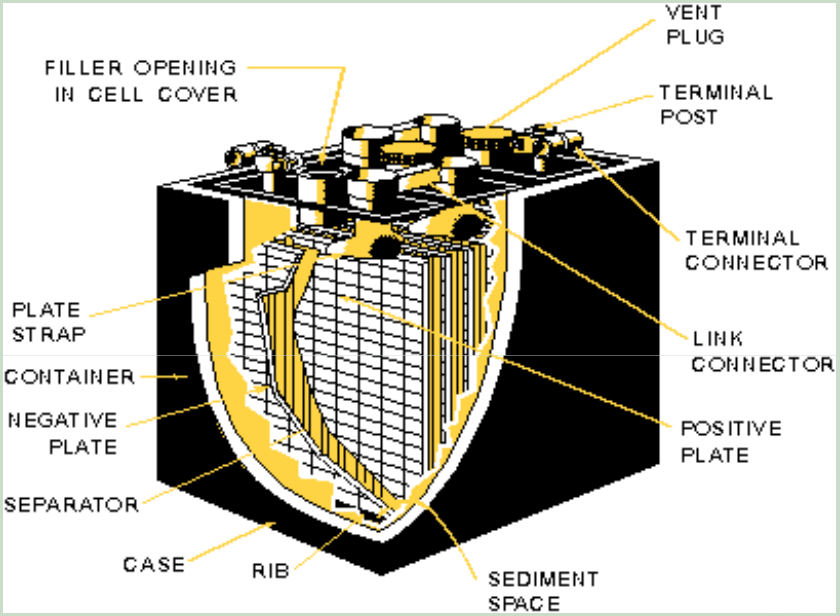
$$Ag_2O + Zn \longrightarrow 2Ag + ZnO$$

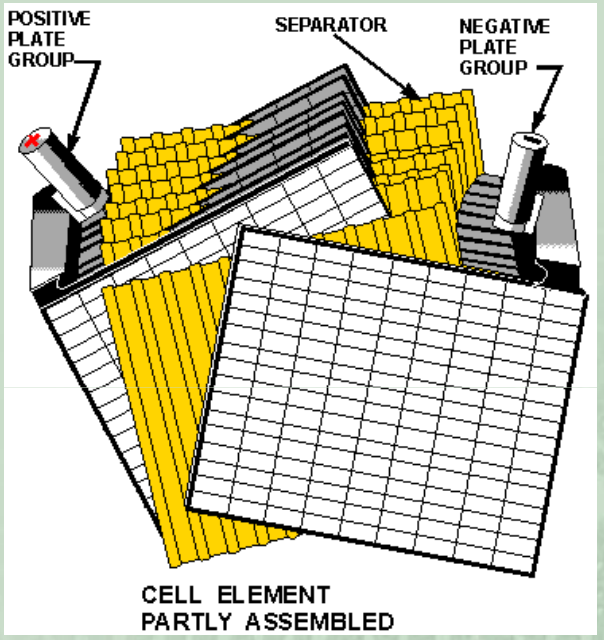
鋰電池

輸出的電壓值約為3.5伏特，當於碘化鋰的電阻較高，輸出電流較微弱，但是非常穩定。因此適合作為心律調節器的動力來源，一旦植入胸腔約可使用十年不須更換。

$$2Li + I_2 \rightarrow 2LiI$$

鉛蓄電池





Anode: $\mathrm{Pb}(s) + \mathrm{SO_4^{2-}}(aq) \longrightarrow \mathrm{PbSO_4}(s) + 2e^-$

Cathode: $\mathrm{PbO_2}(s) + 4\mathrm{H^+}(aq) + \mathrm{SO_4^{2-}}(aq) + 2e^- \longrightarrow \mathrm{PbSO_4}(s) + 2\mathrm{H_2O}(l)$

Overall: $\mathrm{Pb}(s) + \mathrm{PbO_2}(s) + 4\mathrm{H^+}(aq) + 2\mathrm{SO_4^{2-}}(aq) \longrightarrow 2\mathrm{PbSO_4}(s) + 2\mathrm{H_2O}(l)$

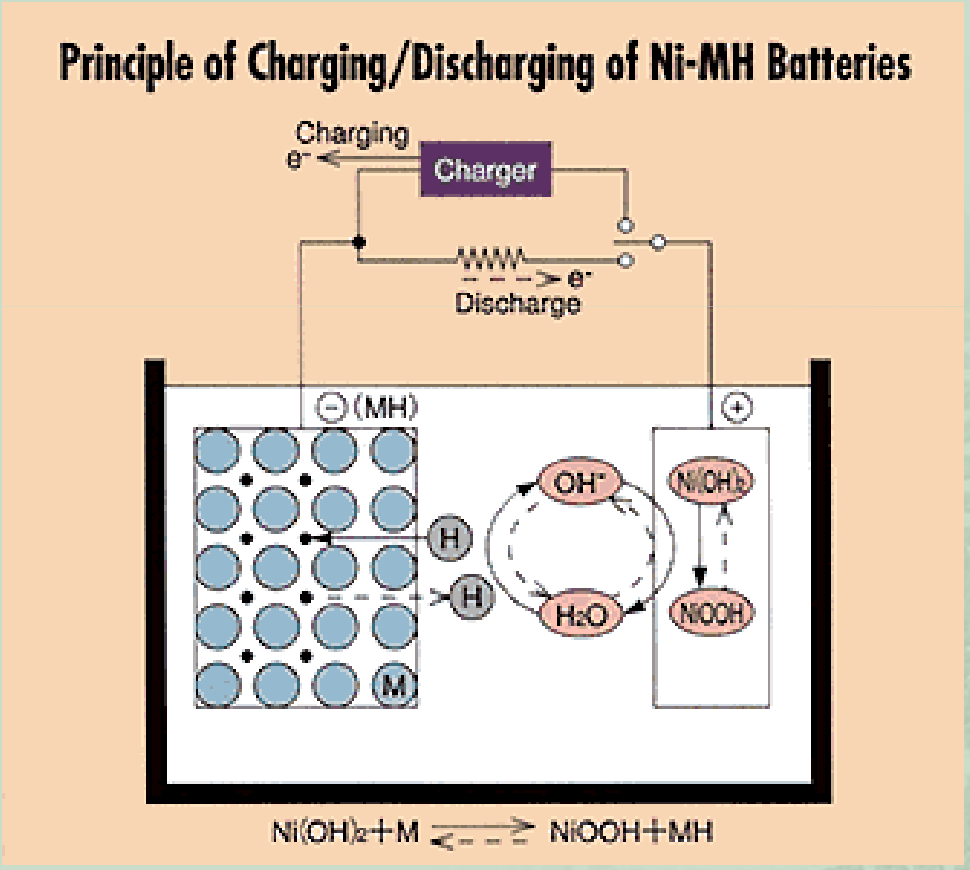
鎳鎘電池

輸出電壓值約為1.3伏特。由於體積小，使用壽命長，電壓穩定且耐用，但因鎘之價格高，常用於充電式電鬍刀、電梳及手電筒的電源。

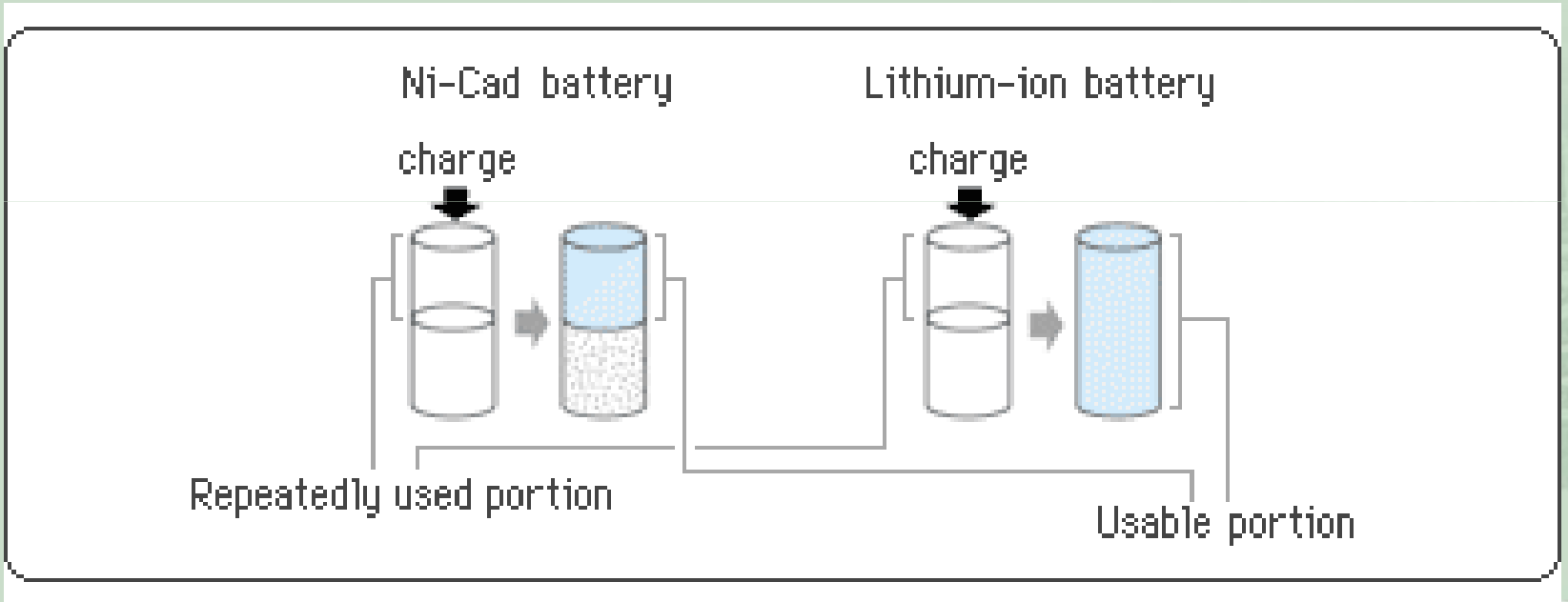
$$Cd + 2OH^- \rightarrow Cd(OH)_2 + 2e^-$$

$$NiO(OH) + H_2O + e^- \rightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$$

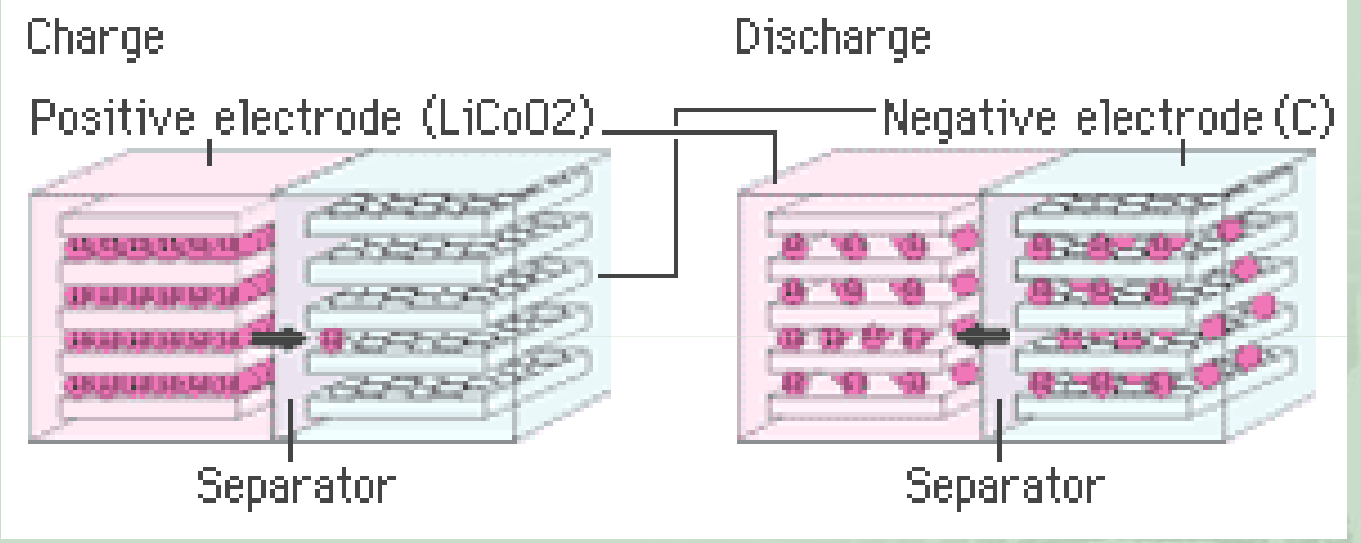
鎳氫電池


Principle of Charging/Discharging of Ni-MH Batteries
Charging
e⁻
Charger
e⁻
Discharge
⊖ (MH)
⊕
OH⁻
Ni(OH)₂
H
H
H₂O
NiOOH
M
Ni(OH)₂+M ⇌ NiOOH+MH

記憶電位


Ni-Cad battery
charge
Lithium-ion battery
charge
Repeatedly used portion
Usable portion

可充電式鋰電池



■ Charge-discharge reaction $Li_xC_6 + Li_{(1-x)}CoO_2 \underset{\text{Discharge}}{\overset{\text{Charge}}{\rightleftarrows}} 6C + LiCoO_2$

延長鋰電池使用壽命的要訣

1. 盡量避免常常在將電池裡的電力完全用光後才進行充電。
2. 筆記型電腦若是每天使用，每個月要有一次將電池完全用盡後才重新充電，如此可以重新校正筆電電池裡充電電路的基礎電壓。
3. 儘量讓鋰電池處在低溫的環境下：鋰電池若是長時間處在高溫的狀態，其壽命將會大幅縮短。

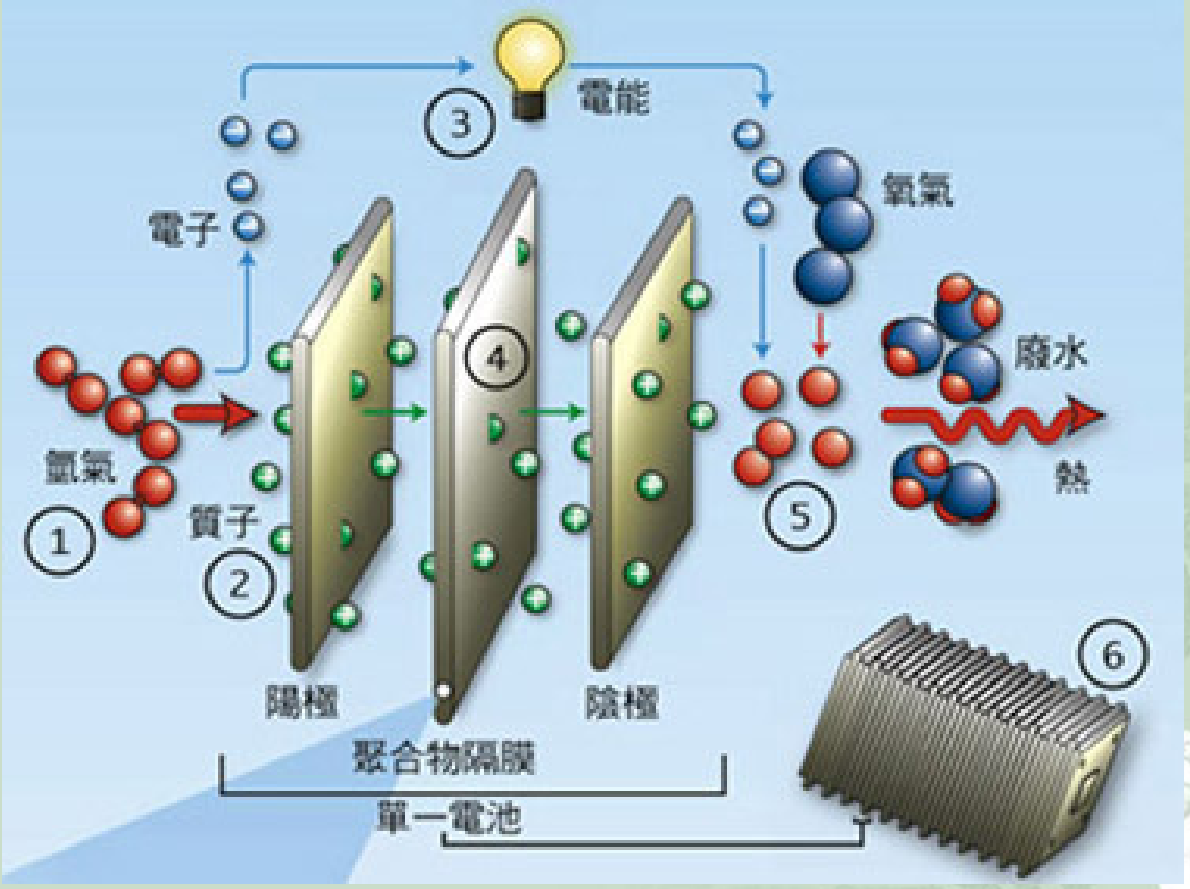
筆記型電腦若是長時間插電使用，建議可以將電池在插電時移除。

4. 鋰電池即使是完全不使用，其有效壽命仍然會漸漸的縮短，因此在購買新電池時最好注意電池的製造日期。

充電電池特性比較表

特　　性	鎳鎘電池	鎳氫電池	充電鋰電池
能量密度	最　低	比鎳鎘高 最	高
記憶效應	有記憶效應	幾乎無記憶效應	記憶效應極低
價　格	較便宜	目前約為鎳鎘電池兩倍	價格約為鎳氫電池3-4倍
環保要求	須回收	環保免回收	環保免回收

燃料電池



http://sa.ylib.com/

燃料電池常用之燃料

氫氣

天然氣或其他碳氫化物

甲醇或其他醇類

氫氣的來源

甲烷轉化: $CH_4+2H_2O \rightarrow 4H_2+CO_2$

煤炭轉化: $C+H_2O \rightarrow H_2+CO$

石油裂解: $C_nH_{2n+2} \rightarrow C_nH_{2n}+H_2$

生物代謝: organic compounds -> metabolites+H_2

氫能的優點

燃燒熱值高，每千克氫燃燒後的熱量，約為 汽油的3倍，酒精的3.9倍，焦炭的4.5倍

發電過程無污染，產物是水

氫能的缺點

價格不具競爭力，不適合大規模使用

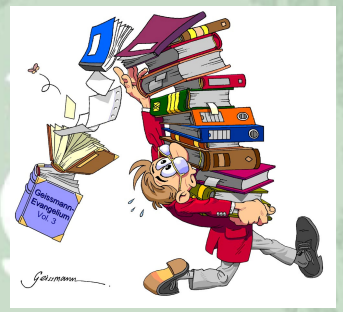
氫氣需高壓存放，且極不穩定

課後心語

電池和氫能的能量須由其他能源取得，是能量載體而非能源。

電池種類繁多，特性不一:一般電池便宜；鹼性電池持久；水銀(銀)電池電壓穩定；鎳鎘電池可充電，有記憶電位問題；鋰電池可充電，低電位時易損耗。

燃料電池具環保，能量轉換率高，電能高等優點，但目前價格仍昂貴。



http://www.gibbons.de/main3/03cartoons/1999-08-take_home.jpg