

乾不乾？——對日常用乾電池之探討——

高中組化學第三名

省立台中一中

作者：陳文杰等十名

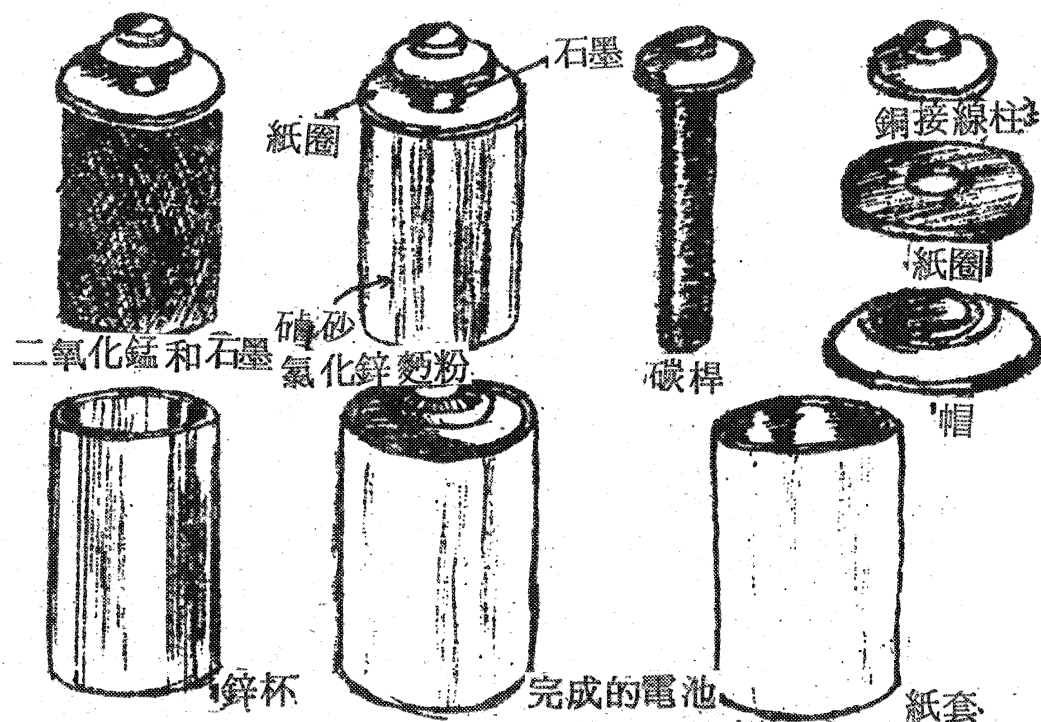
指導老師：蔡長華

一、動機：

乾電池是日常生活中所不可或缺的，而一般人卻很少能夠了解乾電池的特性。基於這個原因，我們特別對乾電池作了一些微淺的研究。

1 單元：乾電池是乾的嗎？

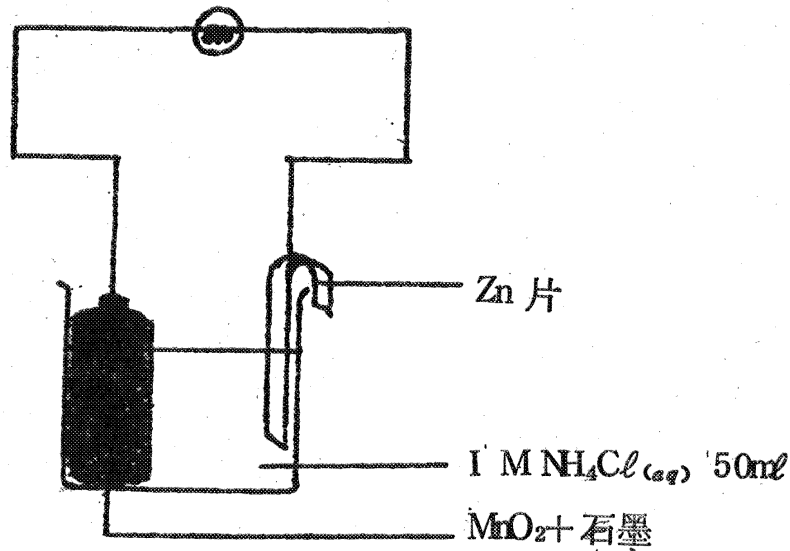
實驗(1)：找(A) 3 個久置“不能再用”之乾電池。(B) 3 個新近“不能再用”之乾電池。(C) 3 個全新的乾電池。仔細觀察乾電池內部情形。



步驟 a：

- 接上小灯泡看是否發亮。(三組都接)
- 剖開(A)(B)(C)三組電池加以觀察。
- 取(A)(B)兩組(已剖開)，分別放進小燒杯中。

- i. 杯中盛 50ml 之水，再接灯泡。
- ii. 杯中盛 50ml 之 1 M $\text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)}$ ，接上灯泡。
- (d) 把鋅筒換成鋅片，再做步驟(c)。(如下圖)



結果 b :

- (a) 只有(C)粗發亮。

(b)	鐵皮	廢紙	鋅筒	電解液	MnO_2
A	有銹	沾上 電解質	幾乎腐 蝕殆盡	乾	乾硬
B	無銹	沾上 電解質	有電解 質滲入	濕	濕軟
C	無銹	沒沾上 電解質	光亮 無漏洞	濕	濕軟

- (c) i. (A)(B)皆不亮。 ii. (A)(B)皆亮。
- (d) i. (A)(B)皆不亮。 ii. (A)(B)皆亮。

結論 c :

- (a) 電解液只有在鋅筒被蝕成洞時，才會大量滲出。
- (b) 乾電池雖然不用，但鋅筒仍會慢慢被電解液腐蝕，故仍

有一定壽命。

(c) 鋅筒並未完全用盡， MnO_2 仍有剩餘。

疑問 d：

(a) 為何 Zn 和 MnO_2 未能用盡呢？

(b) 雖然不能使燈泡發亮，乾電池是否仍有電流通過呢？

(c) 乾電池可使用多久呢？

結論 e：

(a) Zn 及 MnO_2 未能用盡乃因 $\text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)}$ 在反應的過程中，一直降低濃度，最後， $\text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)}$ 的濃度不足以供應足夠的電壓和電流強度來使燈泡發亮（比較步驟(c)之 i 及 ii）。由此可知，因水無法供應 $\text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)}$ ，故燈泡不亮，而 $1\text{M}\text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)}$ 足以使燈泡發亮。

(b) 經用安培計測量的結果，廢棄的電池中仍有電流（由 $0.05\text{A} \sim 0.03\text{A}$ 間）。

單元 2：乾電池的總電量為多少庫侖？乾電池的使用方式是否影響電量，如果有，有多大的影響？

難題：測乾電池的總電量，要用什麼方法測呢？

想法：

a. 可以每 5 分鐘或 10 分鐘測一次正在使用中的乾電池之安培數。

b. 利用電鍍的方法，用 $\text{CuSO}_4_{(aq)}$ 或 $\text{ZnSO}_4_{(aq)}$ 做電解液，取兩片 Cu 或 Zn，再稱取陰極通電前的 Cu 或 Zn 的重量與通電結束後的重量，再加以簡單計算不就可以求出了嗎。（經過實地操作的結果，我們採用想法(2)來進行下列實驗。）

註：Cu 片通電一段時間後比 Zn 片的“電鍍”結果要好一點。而且，Cu 顆粒細密不易脫落；而 Zn 顆粒疏鬆易脫落，易生誤差。

實驗(2)~1：

材料 a：無敵牌與仙鹿牌 UM-1, UM-2, UM-3 型（即日

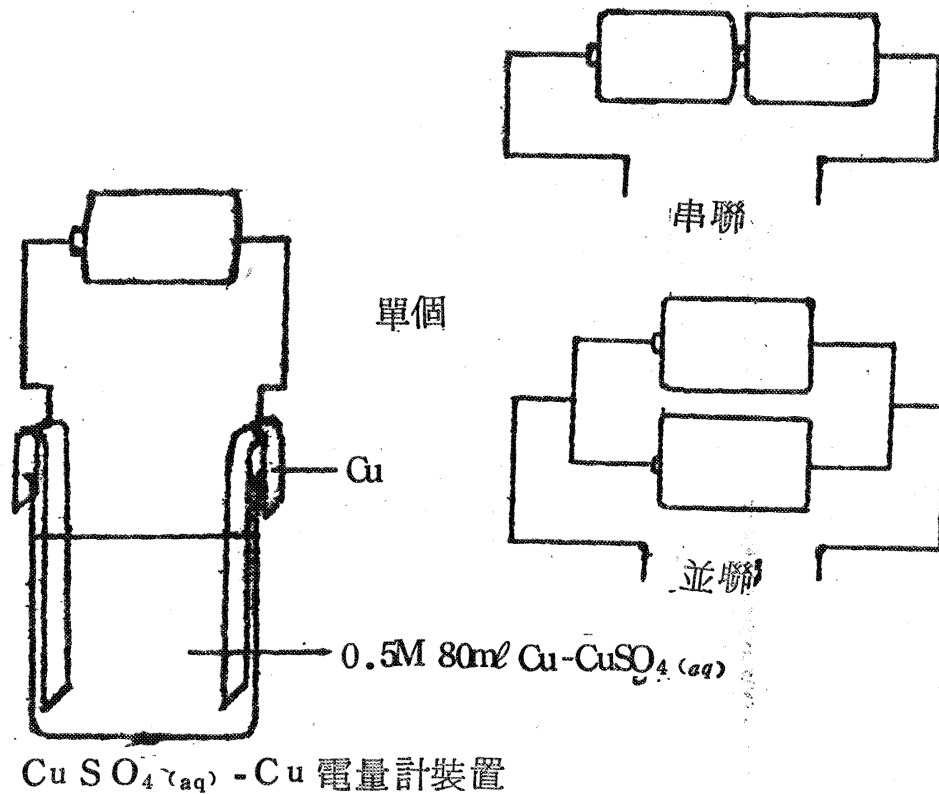
常使用之三種規格)各 5 個, $1\text{ M CuSO}_4(\text{aq})$ 600 ml, 100ml 燒杯 6 個, Cu 片 12 片, 導線及電極夾 6 付。

步驟 b :

(a)分別稱 $\text{Cu}-\text{CuSO}_4(\text{aq})-\text{Cu}$ 電量計裝置中陰極 Cu 片之重量。

(b)將上列兩種廠牌電池三型各 5 個, 去掉鐵皮, 再分別單個, 並聯, 串聯後, 接上 $\text{Cu}-\text{CuSO}_4(\text{aq})-\text{Cu}$ 電量計裝置, 放置三天, 使其電量完全用盡。(如下圖)

(c)三天後, 取出陰極 Cu 片, 再稱重。



結果 c :

(a)單個電池 : (重量 : g 電量 : 庫侖)

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu重量差	總 電 量
無 敵	UM-1	3.90	6.65	2.75	8350
無 敵	UM-2	3.44	6.09	2.65	8050

無敵	UM-3	3.67	5.34	1.67	5070
仙鹿	UM-1	4.44	7.21	2.77	8410
仙鹿	UM-2	4.25	6.66	2.41	7320
仙鹿	UM-3	4.42	5.91	1.49	4530

(b)並聯：(重量：g 電量：庫侖)

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu重量差	總 電 量
無敵	UM-1	3.85	9.05	5.20	15800
無敵	UM-2	4.00	8.74	4.74	14400
無敵	UM-3	4.55	6.74	2.19	6650
仙鹿	UM-1	3.80	8.95	5.15	15640
仙鹿	UM-2	4.10	8.61	4.51	13700
仙鹿	UM-3	3.90	6.28	2.38	7230

(c)串聯：(重量：g 電量：庫侖)

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu重量差	總 電 量
無敵	UM-1	6.26	9.14	2.88	8750
無敵	UM-2	5.92	8.69	2.76	8380
無敵	UM-3	5.35	7.21	1.86	5650
仙鹿	UM-1	6.67	9.52	2.85	8660
仙鹿	UM-2	6.35	9.05	2.70	8200
仙鹿	UM-3	7.24	9.13	1.89	5740

註：誤差：± 20 (電量)

※電量計算方式：

$$\frac{\text{Cu 重量差 (g)}}{\text{Cu 原子量 (63.54 g/mole)}} \times 2 \times 96500 \quad (\text{庫侖/mole})$$

(d)並聯電池之電量約為單個電池電量之 1.72 倍。

(e)串聯電池之電量約為單個電池電量之 1.10 倍。

結論 d：使用方式的確影響了電量，串聯（兩個電池）的電量幾乎與單個電池一樣多，和並聯比起來平均約差 4673 Q。而比較並聯與單個的 UM-3 型電池可以得知，小型電池只適宜供應短暫時間的電流，而不能供應長時間的電流。

註：誤差之計算：

$$\frac{0.005\text{g (天平最小刻度之}\frac{1}{2}\text{)}}{63.54 \text{ g/mole 原子量}} \times 2 \times 96500 \\ = 15.19 \text{ (庫侖)} \div 20 \text{ (庫侖)} \quad (\text{庫侖/mole})$$

實驗(2)~2：

材料 a：無敵牌、仙鹿牌與三洋牌 UM-1，UM-2，UM-3 型電池各 20 個，100ml 燒杯 108 個，1 M Cu SO₄ (aq) 8640ml，Cu 片 216 片，導線及電極夾 108 付，小灯泡 108 個。

步驟 b：將各廠牌電池各別分成：①直接；②一小時；③二小時；④二小時半；四組如實驗(2)~1 之步驟，並各加上小灯泡。

結果 c :

(a)連續接通電源 20 時：單個

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu重量差	總電量 (庫侖)
仙鹿	UM-1	8.4951 (g)	10.8244 (g)	2.3293 (g)	7075.1
仙鹿	UM-2	8.1287	10.2055	2.0768	6308.2
仙鹿	UM-3	9.0889	10.3143	1.2254	3722.1
無敵	UM-1	7.9436	11.1617	3.2181	9774.8
無敵	UM-2	8.4290	10.6284	2.1994	3192.4
無敵	UM-3	8.2039	9.2549	1.0510	3192.4
三洋	UM-1	8.6011	11.0180	2.4169	7341.2
三洋	UM-2	8.9600	10.8063	1.8463	5608.1
三洋	UM-3	8.7155	9.7670	1.0515	3193.9

串聯

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu重量差	總電量 (庫侖)
仙鹿	UM-1	8.3065 (g)	13.2223(g)	4.9158 (g)	14931.5
仙鹿	UM-2	8.2304	10.9257	2.6953	8186.8
仙鹿	UM-3	8.6515	9.9239	1.2724	3864.8
無敵	UM-1	8.3787	12.7860	4.4073	13387.0
無敵	UM-2	8.5984	9.8908	1.2924	3925.6
無敵	UM-3	7.2128	8.3426	1.1298	3431.7
三洋	UM-1	8.9310	12.9306	3.9996	12148.6
三洋	UM-2	8.5813	10.7799	2.1986	6678.1
三洋	UM-3	8.2553	9.3628	1.1075	3364.0

並聯

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu重量差	總 電 量 (庫倫)
仙鹿	UM - 1	8.3103 (g)	10.8424 (g)	2.5321 (g)	7691.1
仙鹿	UM - 2	8.3576	10.8306	2.4730	7511.6
仙鹿	UM - 3	8.8023	10.7780	1.9759	6001.7
無敵	UM - 1	9.0740	13.5500	4.4760	13595.7
無敵	UM - 2	7.4085	10.6119	3.2034	9370.2
無敵	UM - 3	9.0944	11.3389	2.2445	6817.6
三洋	UM - 1	8.2291	12.8330	4.6039	13984.1
三洋	UM - 2	8.8500	12.2869	3.4369	10439.4
三洋	UM - 3	7.0170	8.9374	1.9204	5833.1

(b)每次通電一小時，共20次：單個

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu重量差	總 重 量 (庫倫)
仙鹿	UM - 1	8.5974 (g)	11.9725 (g)	3.3751 (g)	10251.7
仙鹿	UM - 2	8.3084	9.6587	1.3503	4101.5
仙鹿	UM - 3	8.9463	9.7559	0.8096	2459.1
無敵	UM - 1	8.2056	10.0145	1.8089	5494.4
無敵	UM - 2	7.9597	9.9534	1.9937	6055.8
無敵	UM - 3	8.4049	9.0233	0.6184	1878.4
三洋	UM - 1	8.6590	11.7555	3.0965	9405.5
三洋	UM - 2	7.3103	9.4336	2.1233	6449.4
三洋	UM - 3	8.6563	9.4243	0.7680	2332.8

串聯

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu重量差	總 電 量
仙鹿	UM- 1	8.5435 (g)	10.8507 (g)	2.3067 (g)	7006.5 ^(庫侖)
仙鹿	UM- 2	7.0170	8.9374	1.9204	5833.1
仙鹿	UM- 3	8.1119	9.0191	0.9072	2755.6
無敵	UM- 1	8.8557	12.0741	3.2184	9775.8
無敵	UM- 2	7.8442	9.7278	1.8836	5721.3
無敵	UM- 3	8.0380	8.8869	0.8489	2578.5
三洋	UM- 1	8.2968	10.2249	1.9281	5856.5
三洋	UM- 2	8.5266	10.4185	1.8919	5746.6
三洋	UM- 3	7.7608	8.4524	0.8916	2708.2

並聯

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu重量差	總 電 量
仙鹿	UM- 1	8.2797 (g)	10.8214 (g)	2.5417 (g)	7720.3 ^(庫侖)
仙鹿	UM- 2	8.4561	11.6927	3.2366	9831.0
仙鹿	UM- 3	7.6922	9.1040	1.4118	4288.3
無敵	UM- 1	8.3114	10.7938	2.4824	7540.2
無敵	UM- 2	7.9470	11.1956	3.2486	9867.5
無敵	UM- 3	8.6848	10.1211	1.4363	4362.7
三洋	UM- 1	7.0085	10.3409	3.3324	10122.0
三洋	UM- 2	8.3717	10.8337	2.4620	7478.2
三洋	UM- 3	7.6903	9.7067	2.0164	6124.7

(c)每次通電二小時，共 10 次：單個

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu 重量差	總 電 量
仙鹿	UM - 1	8.1808 (g)	11.1377 (g)	2.9569 (g)	8981.5 (庫倫)
仙鹿	UM - 2	7.5450	8.6610	1.1160	3389.8
仙鹿	UM - 3	7.9661	8.8832	0.9171	2785.7
無敵	UM - 1	7.7919	10.9731	3.1812	9662.8
無敵	UM - 2	7.0742	9.4231	2.3489	7134.7
無敵	UM - 3	8.5246	9.3802	0.8556	2598.8
三洋	UM - 1	8.3660	11.3753	3.0093	9140.6
三洋	UM - 2	8.2659	9.5869	1.3210	4012.5
三洋	UM - 3	8.1525	9.0628	0.8743	2655.6

串聯

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu 重量差	總 電 量
仙鹿	UM - 1	7.6507 (g)	10.8393 (g)	3.1886 (g)	9685.2 (庫倫)
仙鹿	UM - 2	8.0107	9.9269	1.9162	5820.4
仙鹿	UM - 3	8.2547	9.2915	1.0368	3149.2
無敵	UM - 1	8.2270	12.4134	4.1864	12716.0
無敵	UM - 2	8.3376	10.5158	2.1782	6616.2
無敵	UM - 3	8.4987	9.4568	0.9581	2910.2
三洋	UM - 1	7.9399	11.4860	3.5461	10771.1
三洋	UM - 2	7.9273	10.4112	2.4839	7544.7
三洋	UM - 3	8.3507	9.3330	0.9823	2983.7

並聯

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu 重量差	總 電 量
仙鹿	UM- 1	8.4049 (g)	11.6594 (g)	3.2545 (g)	9885.4 (庫侖)
仙鹿	UM- 2	7.6290	10.8973	3.2683	9927.3
仙鹿	UM- 3	8.1918	9.9610	1.7692	5373.9
無敵	UM- 1	8.2690	11.6957	3.4267	10408.5
無敵	UM- 2	7.9223	10.2891	2.3668	7189.0
無敵	UM- 3	8.4314	10.0083	1.5769	4789.8
三洋	UM- 1	8.5053	12.2297	3.7244	11312.7
三洋	UM- 2	8.2418	10.8030	2.5612	7779.5
三洋	UM- 3	8.1359	10.1874	2.0515	6231.3

(d)每次通電二小時半，共 8 次：單個

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu 重量差	總 電 量
仙鹿	UM- 1	8.4776 (g)	11.8800 (g)	3.4024 (g)	10334.6 (庫侖)
仙鹿	UM- 2	7.9484	9.6900	1.7416	5290.0
仙鹿	UM- 3	7.9587	8.6409	0.6822	2072.1
無敵	UM- 1	7.8042	11.5458	3.7416	11364.9
無敵	UM- 2	7.7650	9.3686	1.6036	4870.9
無敵	UM- 3	8.1166	8.8917	0.7751	2354.3
三洋	UM- 1	8.0296	11.5084	3.4788	10566.7
三洋	UM- 2	8.3609	9.9063	1.5454	4694.1
三洋	UM- 3	7.8709	8.0825	0.2116	642.7

串聯

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu 重量差	總 電 量
仙鹿	UM - 1	8.3025 (g)	10.8908 (g)	2.5883 (g)	7861.8 (庫侖)
仙鹿	UM - 2	7.7618	10.3263	2.5645	7789.6
仙鹿	UM - 3	8.7152	9.7397	1.0245	3111.9
無敵	UM - 1	7.8020	11.7521	3.9501	11998.3
無敵	UM - 2	8.2349	9.9576	1.7227	5232.6
無敵	UM - 3	8.1430	8.5410	0.3980	1208.9
三洋	UM - 1	8.1952	12.2745	4.0793	12390.2
三洋	UM - 2	7.9688	9.9277	1.9589	5950.1
三洋	UM - 3	8.2683	9.2398	0.9715	2950.9

並聯

廠牌	規 格	通電前Cu重	通電後Cu重	Cu 重量差	總 電 量
仙鹿	UM - 1	8.4455 (g)	12.0448 (g)	3.5993 (g)	10932.7 (庫侖)
仙鹿	UM - 2	7.4162	10.2765	2.8603	8688.0
仙鹿	UM - 3	7.9227	10.1899	2.2672	6886.5
無敵	UM - 1	7.9333	11.1754	3.2421	9847.7
無敵	UM - 2	8.4029	11.2094	2.8065	8524.6
無敵	UM - 3	7.4629	8.9500	1.4871	4517.0
三洋	UM - 1	8.2712	11.5508	3.2796	9961.6
三洋	UM - 2	8.1541	10.8521	2.6980	8195.1
三洋	UM - 3	8.6457	10.5532	1.9079	5793.9

以多一些電量，但我們的數據並不能告訴我們，間斷使用“一定”會增加電量。或許仍須我們再努力求證。不過，由已知的數據，“間斷使用”通常有較多的電量可以使用。

單元 3：影響電流強度的因素除了電解液的濃度外是否還有別的呢？

考慮：在乾電池中直接與電解液接觸的是 Zn 筒和 MnO_2 。

實驗(3)：在定量的 $0.5M NH_4Cl_{(aq)}$ 中及碳棒— MnO_2 裝置中，求知 Zn 面積對電流強度的影響。

材料 a： $0.5M NH_4Cl_{(aq)}$ 500ml，碳棒— MnO_2 裝置，Zn 片、小灯泡。

步驟 b：

(a)將 Zn 片裁成 20 cm^2 ， 40 cm^2 ， 60 cm^2 ， 80 cm^2 ， 100 cm^2 再用砂紙磨亮。

(b)將上列 Zn 片分別浸入 100ml 之 $0.5M NH_4Cl_{(aq)}$ 中。

(c)使用同一碳棒— MnO_2 裝置，放入步驟 b 之裝置中，再接上小灯泡，先試灯泡能否發亮，再測各電流強度。

(如下圖)

結果 c：

電流強度 濃度 \ 面積	20 cm^2	40 cm^2	60 cm^2	80 cm^2	100 cm^2
$0.5M NH_4Cl_{(aq)}$	0.262 A	0.274 A	0.282 A	0.289 A	0.293 A

d.比較：(a)連續接通電源 20 時：

單 個	平均電量	串 聯	平均電量	並 聯	平均電量
UM - 1	8063.7	UM - 1	13489.0	UM - 1	13789.9
UM - 2	6199.0	UM - 2	7432.5	UM - 2	9227.1
UM - 3	3369.5	UM - 3	3553.5	UM - 3	6217.5

(b)每次通電一小時，共 20 時：

單 個	平均電量	串 聯	平均電量	並 聯	平均電量
UM - 1	9828.6	UM - 1	8391.2	UM - 1	8460.8
UM - 2	6252.6	UM - 2	5767.0	UM - 2	9058.9
UM - 3	2396.0	UM - 3	2680.8	UM - 3	4925.2

(c)每次通電二小時，共 10 次：

單 個	平均電量	串 聯	平均電量	並 聯	平均電量
UM - 1	9261.6	UM - 1	11057.4	UM - 1	10535.5
UM - 2	7134.7	UM - 2	6660.4	UM - 2	8290.6
UM - 3	2680.0	UM - 3	3014.4	UM - 3	6131.7

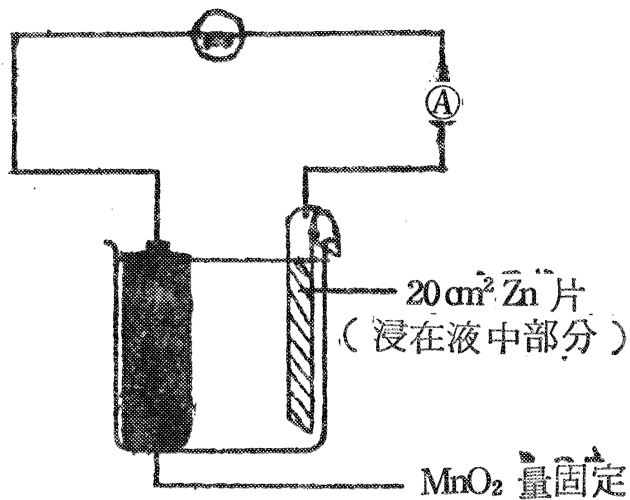
(d)每次通電二小時半，共 8 次：

單 個	平均電量	串 聯	平均電量	並 聯	平均電量
UM - 1	10755.4	UM - 1	12194.5	UM - 1	10247.3
UM - 2	4951.7	UM - 2	6869.8	UM - 2	8469.0
UM - 3	2213.2	UM - 3	1031.8	UM - 3	5732.5

結論 e：由每次通電一小時與連續接通電源（單個）比較的結果，可以看出間斷使用電池的結果，可以稍微增加一些電量。增加了1764.9 庫侖，約 21.9%。

間斷使用電池比連續使用，絕大部分來說，可

結論 d : Zn 面積對電電流的確有很大的影響(由 0.262 A ~ 0.293 A)。



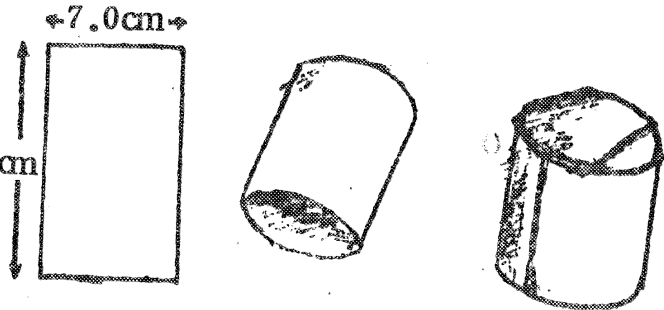
實驗(4)：在一定的 Zn 片面積下，求 MnO_2 對電流強度的影響。

材料 a : MnO_2 , Zn 片, 碳棒, $1 M NH_4Cl (aq)$ 100ml, 小灯泡。

步驟 b : 稱取 MnO_2 10g, 20g, 30g, 40g, 用圖畫紙捲成一樣大小筒狀(如下圖), 裝入碳棒和 MnO_2 並加水,

使 MnO_2 成糊狀, 放進紙筒中, 再接

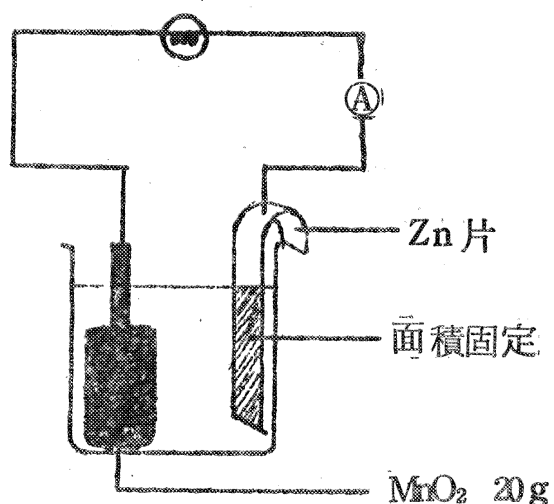
小灯泡, 測電流強度。(如下圖)



結果 c : ,

	10 g	20 g	30 g	40 g
電 流	0.14 A	0.30 A	0.65 A	0.79 A

結論 d : MnO_2 的量對
電流強度也有
很大的影響 (
由 0.14 A ~
0.79 A)



實驗(5) :

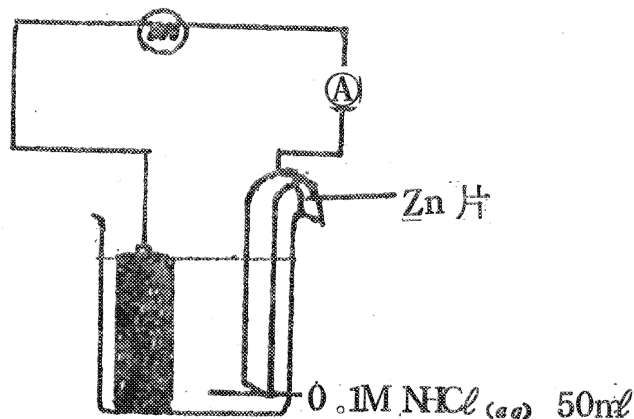
材料 a : 5 個廢棄乾電池, 0.1 M, 0.2 M, 0.3 M, 0.4 M, 0.5 M, 之 $NH_4Cl_{(aq)}$ 各 50ml, 小灯泡。

步驟 b :

(a) 去掉 5 個廢棄乾電池的鐵皮及 Zn 殼, 保留碳棒及 MnO_2 。

(b) 分別放入裝有 0.1 M, 0.2 M, 0.3 M, 0.4 M, 0.5 M 之 $NH_4Cl_{(aq)}$

50 ml 之小燒
杯中, 測電流
及接上灯泡看
是否發亮?
(如右圖)



結果 c :

(a) 在 0.1 M ~ 0.5 M 之 $NH_4Cl_{(aq)}$ 中, 小灯泡皆會亮。

(b) (Zn 面積 100 cm^2)

0.1 M	0.2 M	0.3 M	0.4 M	0.5 M
0.270 A	0.274 A	0.278 A	0.281 A	0.293 A

問題 d :

(a)使 $1.5\text{ V } 3\ \Omega$ 的小灯泡發亮的電流最低限度是多少 A 呢 ?

(b) $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})}$ 最低限度須多少 M , 才能使小灯泡發亮 ?

補充實驗(1) :

材料 a : $0.01\text{ M}, 0.02\text{ M}, 0.03\text{ M}, 0.04\text{ M}, 0.05\text{ M}$ 之 $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})}$ 各 50 ml 。

步驟 b : 如實驗(5)之步驟。

結果 c :

(a)最低限度是 0.245 A ; 0.04 M

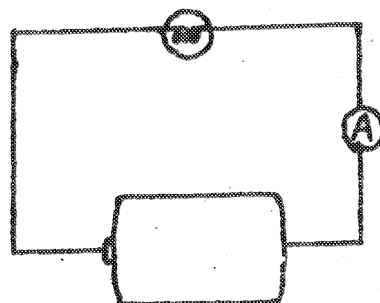
(b) (Zn 面積 20 cm^2)

濃 度	0.01 M	0.02 M	0.03 M	0.04 M	0.05 M
電 流	0.210 A	0.225 A	0.240 A	0.245 A	0.248 A
可否亮	不 亮	不 亮	不 亮	亮	亮

實驗(6) :

材料 a : UM-2 , UM-3 型乾電池各 3 個 , 灯泡 , 灯座各 4 個 , 導線 , 安培計。

步驟 b : 把 UM-2 型和 UM-3 型乾電池分別單個或串聯後 , 接上灯泡 , 每天通電 20 分鐘 , 通電前後記錄電流強度 , 一直至灯泡不亮為止。(如右圖)



結果 c :

	一	二	三	四	五
UM - 2(單個)	0.50 / 0.48	0.47 / 0.43	0.47 / 0.43	0.50 / 0.44	0.50 / 0.48
UM - 2(串聯)	0.62 / 0.55	0.55 / 0.50	0.53 / 0.50	0.54 / 0.53	0.55 / 0.51
UM - 3(單個)	0.52 / 0.44	0.43 / 0.35	0.42 / 0.38	0.38 / 0.37	不亮了
UM - 3(串聯)	0.60 / 0.49	0.52 / 0.41	0.43 / 0.35	0.40 / 0.30	不亮了

	六	七	八	九	十
UM - 2(單個)	0.50 / 0.45	0.47 / 0.43	0.46 / 0.42	0.42 / 0.38	不亮了
UM - 2(串聯)	0.54 / 0.48	0.52 / 0.45	0.49 / 0.40	0.40 / 0.36	不亮了
UM - 3(單個)	——	——	——	——	——
UM - 3(串聯)	——	——	——	——	——

註：通電前電流強度 / 通電後電流強度。

單元 4：影響電壓最主要的因素是什麼？

考慮：

- (1) 溫度影響化學反應，有影響電壓之可能。
- (2) 各電解質與 Zn 片的反應各不相同，有可能影響電壓。
- (3) 乾電池中所用的 MnO_2 也和電解質起反應，故 MnO_2 也可能影響電壓。

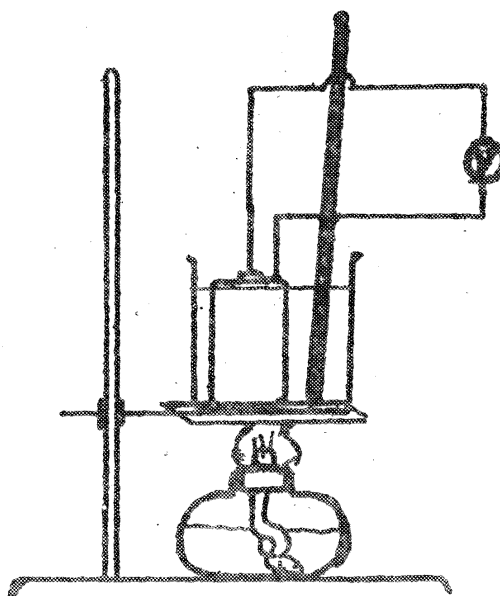
實驗(7)：溫度對電壓之影響。

材料 a：UM-1，UM-2，UM-3 型乾電池各一各個，溫度計，安培計。

步驟 b :

(a) 去掉鐵皮，使 Zn 筒易導熱。

(b) 將電池接上伏特計並加熱每隔 10 °C 測一次電壓。(如右圖)



結果 c :

溫度	UM-1	UM-2	UM-3
20 °C	1.60 (v)	1.52 (v)	1.49 (v)
30 °C	1.60	1.52	1.49
40 °C	1.60	1.53	1.49
50 °C	1.60	1.53	1.49
60 °C	1.61	1.53	1.49
70 °C	1.61	1.53	1.49
80 °C	1.62	1.53	1.50
90 °C	1.62	1.54	1.50

實驗(8)：電解質的影響。

材料 a：將下列各配成 1 M 溶液 50 ml

NH_4OH , MH_4NO_3 , NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,

KOH , KNO_3 , KCl , K_2SO_2 ,

NaOH , NaNO_3 ; NaCl , Na_2SO_4 ,

—— $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, ZnCl_2 , ZnSO_4 ,

—— HNO_3 , HCl , H_2SO_4 ,

圖畫紙， MnO_2 ，強力膠，碳棒 20 支，Zn 片。

步驟 b：

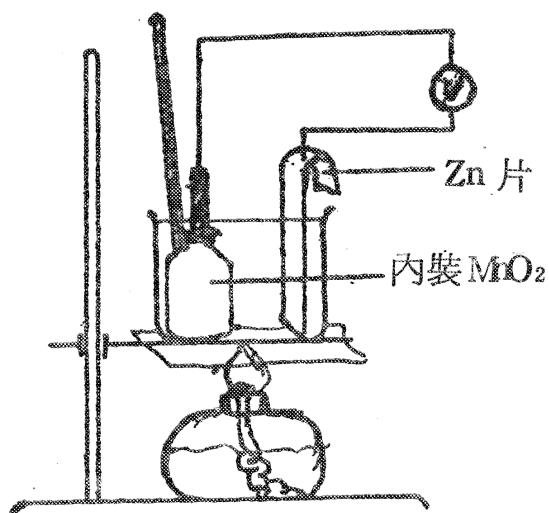
(a)將圖畫紙裁成適當大小後，再捲成筒狀，共做相同大小 20 個。

(b)在紙筒中加入 MnO_2 15g，中間插碳棒，並加水，使之成糊狀。

(c)用橡皮圈封筒口。

(d)測電壓。

(e)如實驗(7)步驟 a 再做一次。(如右圖)



結果 c：

(a) NH_4^+ 類

溫度(°C)	NH_4OH	NH_4NO_3	NH_4Cl	$(NH_4)_2SO_4$
20	1.18 (v)	1.18 (v)	1.30 (v)	1.18 (v)
30	1.22	1.19	1.29	1.18
40	1.27	1.20	1.29	1.18
50	1.30	1.20	1.30	1.19
60	1.31	1.20	1.30	1.20
70	1.34	1.20	1.31	1.20
80	1.35	1.20	1.31	1.21
90	1.35	1.21	1.33	1.22

(b) K^+ 類

溫度(C)	KOH	KNO ₃	KCl	K ₂ SO ₄
20	1.47 (v)	1.00 (v)	1.34 (v)	溶解度太小，未能達到 1 M。
30	1.49	1.01	1.36	
40	1.50	1.03	1.40	
50	1.52	1.08	1.41	
60	1.53	1.10	1.46	
70	1.57	1.05	1.48	
80	1.60	1.01	1.49	
90	1.60	1.98	1.50	

(c) Zn^{2+} 類

溫度(C)	Zn(NO ₃) ₂	ZnCl ₂	ZnSO ₄
20	1.10 (v)	1.18 (v)	1.17 (v)
30	1.10	1.18	1.17
40	1.10	1.19	1.18
50	1.10	1.20	1.20
60	1.10	1.21	1.23
70	1.04	1.23	11.27
80	1.03	1.27	11.30
90	1.00	1.29	11.30

(d) Na⁺ 類

溫度(°C)	NaOH	NaNO ₃	NaCl	Na ₂ SO ₄
20	1.60 (v)	1.05 (v)	1.11 (v)	0.92 (v)
30	1.60	1.05	1.10	0.93
40	1.60	1.10	1.10	0.95
50	1.60	1.13	1.12	0.99
60	1.60	1.17	1.20	1.00
70	1.61	1.20	1.23	1.02
80	1.61	1.16	1.27	1.02
90	1.61	1.14	1.29	1.02

(e) H⁺ 類

溫度(°C)	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄
20	1.28 (v)	1.42 (v)	1.42 (v)
30	1.35	1.43	1.45
40	1.36	1.46	1.48
50	1.38	1.49	1.50
60	1.48	1.50	1.52
70	1.50	1.51	1.54
80	1.50	1.56	1.54
90	1.50	1.60	1.54

實驗(9)：MnO₂ 對乾電池電壓之影響。

材料 a：MnO₂，碳棒，1 M NH₄Cl (aq) 50ml，Zn 片，圖畫紙。

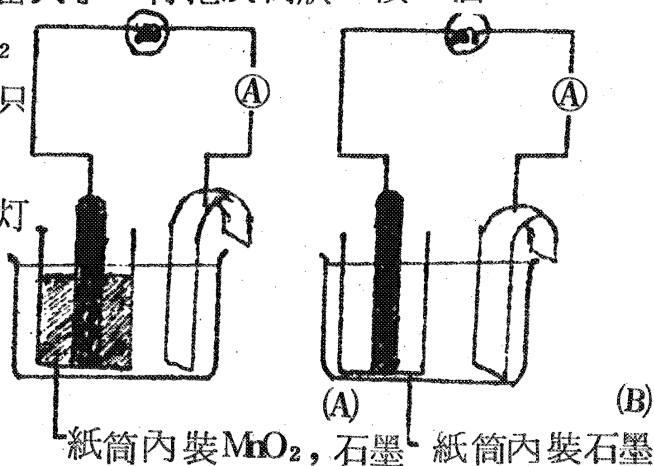
步驟 b：

(a)將圖畫紙裁成適當大小，再捲成筒狀，做 2 個。

(b)(A)紙筒裝入 MnO₂ 和碳棒；(B)紙筒只裝碳棒。

(c)測試電壓，再接燈。

。(如右圖)



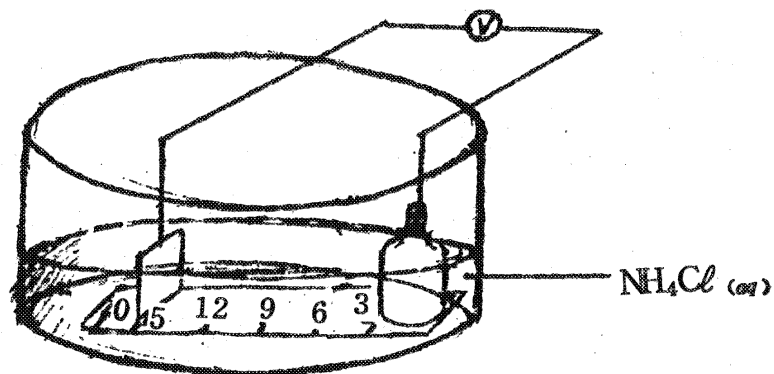
結果 c：(A) 1.10 V；(B) 1.10 V，可見，缺乏 MnO₂ 並不會降電壓。但(B)之電壓並不能使燈泡發亮，再測電流的結果：(A) 0.29 A；(B) 0.15 A，可見因(B)缺乏 MnO₂ 而影響了電流強度，使電流無法達到可使燈泡發亮的程度。

結論 d：影響電壓最大的是電解質的種類，其次是溫度。

補充實驗(2)：Zn 與 MnO₂ 間之距離對電壓，電流之影響。

步驟 a：

(a)在下圖的玻璃盆中裝滿 0.5 M NH₄Cl (aq)。



(b)取碳棒—MnO₂ 裝置，置於盆的一端，再從盆的另一端

距碳棒— MnO_2 裝置 24 cm 處開始測電流，每隔 3 cm 測一次。

(c)同時考慮 Zn 面積在不同距離時對電流之影響。

結果 b :

(a)電壓不變，均為 1.20 V。

(b)

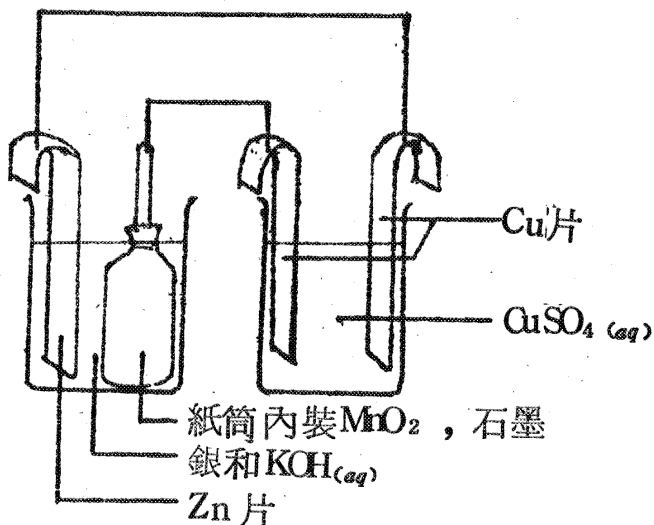
電流強度 面積	距離	6 cm	9 cm	12cm	15cm	18cm	21cm	24cm
100 cm ²		0.285 A	0.255 A	0.235 A	0.222 A	0.210 A	0.197 A	0.185 A
60 cm ²		0.270 A	0.237 A	0.217 A	0.205 A	0.192 A	0.180 A	0.165 A
20 cm ²		0.250 A	0.225 A	0.205 A	0.175 A	0.183 A	0.175 A	0.155 A

改良：我們深感現在乾電池之電量不敷使用，於是，再從實驗(8)取了三種接近 $NH_4Cl(aq)$ 電壓的電解質 (KOH , $NaOH$, KCl) 來測量電壓，再與 NH_4Cl 比較。

步驟 a :

(a)取同樣大小 Zn 片。

(b)配 KOH , $NaOH$, KCl , NH_4Cl 之飽和溶液，再按實驗(2)之步驟做。(如下圖)



結果 b :

	電 量	倍 數
NH_4Cl	9540	1
KOH	12440	1.65
NaOH	9050	1.20
KCl	7920	1.05

結論 c : 如果將乾電池中的 $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})}$ 改成 $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 的話，電量可增至 1.65 倍，我們認為，在節約能源的今天，似乎可行。(可以節省一些 MnO_2 和碳棒)

總結 d :

- (a) 乾電池中的電解質需要藉著水來解離，在這種狀況下，乾電池並不是乾的。
- (b) 乾電池雖然不用，但鋅筒仍會慢慢被電解液腐蝕，故仍有一定壽命。
- (c) 影響乾電池電流強度最大的是 $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})}$ 的濃度和 Zn 面積。而在一定面積下影響電流的是“濃度”；在一定濃度下影響電流的是 Zn 面積。
- (d) 在乾電池中影響電壓最大的是電解質的種類，濃度和溫度次之。
- (e) 電解質之種類也影響電量，要改良目前使用之乾電池，最重要的是由電解質之種類改起。
- (f) 目前的乾電池用的是 $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})}$ 和 MnO_2 ，反應後會產生 NH_3 ，而且在使用中並不能維持電壓的穩定，為了改善這個缺點，何不試試我們新發現的 $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 呢？

二、結語：

因時間有限對於 $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 使用中電壓是否能穩定，未能做實驗測出，但我們深信，在我們的繼續努力下，現在使用的 $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})}$ 一定會被淘汰，取而代之的會是更好的 $\text{x}_m\text{y}_n_{(\text{aq})}$ 。

在學校設備不充分下，我們在克難中儘量求取數值的精確；而且在全體研究小組的合作之下，努力完成這一“研究”，歷時

三個月。雖然這個“研究”尚未完全考慮到影響乾電池的各種因素。但我們在我們的知識能力範圍內所考慮到的全派上了用場。對於科學的研究，我們全體研究小組有一個共同的想法，那就是“求真”、“求精”、“求實”。我們深信在我們知識範圍內，我們已做到了“求真”、“求實”，而“求精”因設備的不足，或許未能充分做到。因此，我們更了解一點：沒有足夠的知識程度是無法對事物從事精密，深入的研究的。最後，我們要向傳授我們知識的師長們致敬，而且，也願對提供我們改進意見的人，致最高謝意。

三、參考資料：

1. 高中化學（下冊）

原著：陳朝棟、王澄霞

改編：陶金華

東華書局印行

2. 電池學 閻路編著

東華書局印行

3. 奇異的電化學

Alfred Morgan 著

畢心一譯

台灣中華書局印行

評語：能運用科學方法，於日常生活問題研究態度認真。有關乾電池的實驗中做的很詳細及具有不同的角度探討，結果也很好，惟整理時能更扼要說明較好，考慮日常應用（如冷暖變化）時尚欠完備。