

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

080809

人體「發電機」～尿液電池發電功能之探討

學校名稱：新北市永和區秀朗國民小學

作者：  小六 鄭宇晴  小六 胡薰月  小六 林妍欣	指導老師：  朱中梧  吳錦勳
---	-----------------------------

關鍵詞：尿液、碳化、電性

## 摘要

本研究以**尿液**、**廢棄電池**等**生活上的廢物重新利用**為主軸，賦予其新的使命價值。第一階段我們使用**從廢電池裡取出碳棒**、生活中不用的小容器以及**人體的排泄物-尿液**，組裝成**尿液電池**；第二階段則以人類身體內部的狀況(例：**血緣關係**、**年齡層**、**性別及健康狀況**)來做為尿液電池實驗的比較；第三階段則是進行與飲食習慣有關的實驗包括：**葷素食**、**飲水量**等進行探究比較。結果讓人驚訝！接續的實驗是以**保存天數**測試尿液的電性，並嘗試利用棉花**改變尿液的型態**進行測試，結果頗值得後續繼續探討；最後以尿液電池再進一步測試應用，發現只要有一顆**尿液電池**，便可以**讓蜂鳴器**、**LED 燈**、**小風扇啟動**，真是**小兵立大功**呢！

## 壹、研究動機

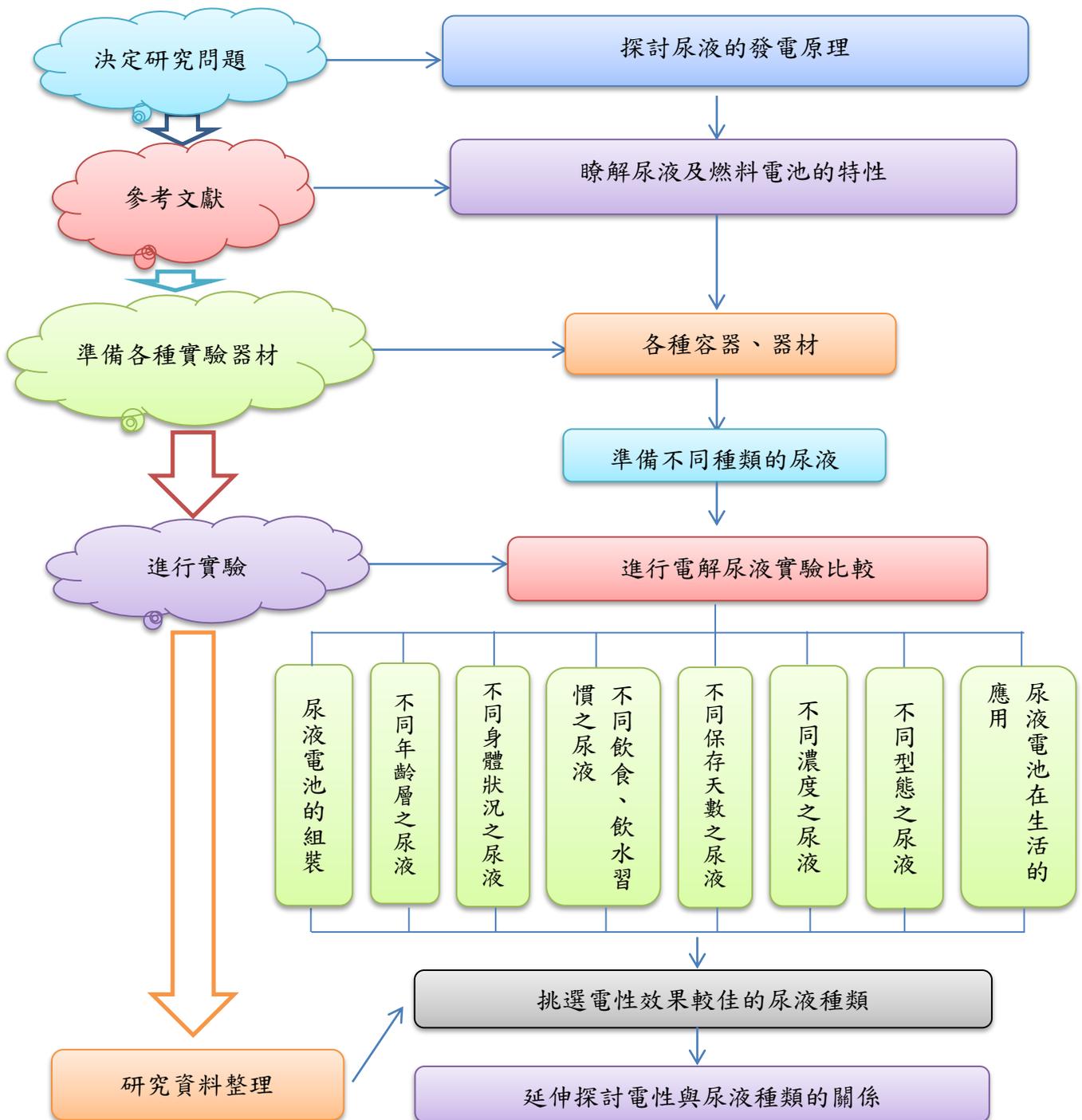
在資優班上課時，當我們正討論著獨立研究的主題時，有人看著燒杯裡的水，突然請教老師溶液有什麼特色？老師回答我們說：有些溶液可以導電，像是鹽水、尿液.....，講到這裡，大家都露出一臉狐疑的表情，因為沒有人聽說**尿液可以發電**，難道**人體也可以成為發電機**？這時老師進一步告訴我們，尿液之所以可以導電，是因為它是一種電解質。這時忽然有人想起，五年級的自然課，我們曾經學過水溶液導電的原理。因此，我們決定從**自製尿液電池盒**開始，進一步探究**資源環保的人體發電機**。

## 貳、研究目的

- 一、瞭解**尿液電池的原理及組裝**。
- 二、比較**不同性別**、**年齡層**、**身體狀況**與**電性反應**的關係。
- 三、探討**飲食**、**飲水習慣**及**保存期限**的電性效果差異。
- 四、不同**型態**、**濃度**的**尿液電池**應用。



## 伍、研究架構與流程



## 陸、實驗過程與方法

### 問題一：尿液電池的組裝

#### 探討一：鋅銅電池盒製作

1. 準備小容器，以及鋅銅棒。
2. 用酒精燈加熱鐵釘，在小容器上鑽出兩個小洞，以便放入鋅銅棒。
3. 將鋅銅棒放進小容器的兩個小洞裡，並用熱熔槍固定；倒入 20 毫升的尿液，完成鋅銅電池盒。
4. 用太陽能電池電池電解 5 分鐘，測量電壓、電流。

**測試結果：**鋅銅電池的效果不錯，但鋅銅棒會慢慢腐蝕。

**討論：**雖然鋅銅電池的效果不錯，但其導電物會腐蝕，如果使用鋅銅電池，鋅銅片腐蝕還要換新的，**違背**我們的**環保概念**，因此

我們想找到**可以重複使用的導電物**。根據蒐集文獻記載，電池分為燃料電池及鋅銅電池，而用**碳棒製作的電池**亦為燃料電池的一種。因此我們決定**使用廢棄電池的碳棒**，**改良電池盒**，**嘗試比較燃料（尿液）電池的發電效能**。

#### 探討二：鋅銅與燃料電池發電效能之比較

##### （一）製作碳棒電池盒



1. 準備小容器，以及廢電池。
2. 用鐵槌和尖嘴鉗**拆解廢電池**，**取出碳棒**並利用**電子噴火槍**進行**活化**。
3. 用酒精燈加熱鐵棒，並在小容器上鑽出兩個小洞，以便放入碳棒。
4. 將碳棒分別放入兩個小洞裡，並用熱熔槍固定。



5. 在碳棒上包上空茶包袋，完成**燃料電池盒**。
6. 將 20 毫升的尿液分別倒入鋅銅與燃料電池盒裡，進行電解，**比較發電效能**。

## (二) 碳棒電池和鋅銅電池的比較

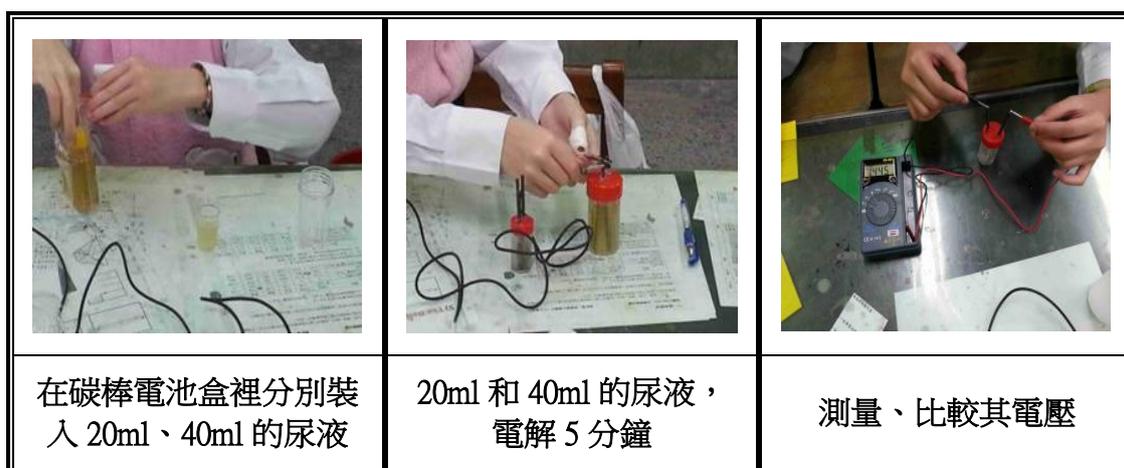


**測試結果：**鋅銅電池與燃料電池的**電性接近**，但**碳棒不會腐蝕**，可**不斷重複使用**。

**討論：**根據文獻，我們知道鋅銅電池若長期處於潮濕的狀態，就會出現腐蝕的情況。雖然鋅銅電池和碳棒電池的數據相差不大，但因為鋅銅片若腐蝕還需更換新的，而碳棒則不用。因此，基於**環保的概念**，我們決定選用**節能、環保、能重複使用的碳棒電池盒**，做為之後實驗所要用的電池盒。

### 探討三：電池盒內的**電解質容量**

1. **製作出碳棒電池盒**。
2. 分別裝入 **20ml 和 40ml 的尿液**，用**太陽能電池電解 5 分鐘**。
3. 測量、比較其電壓。

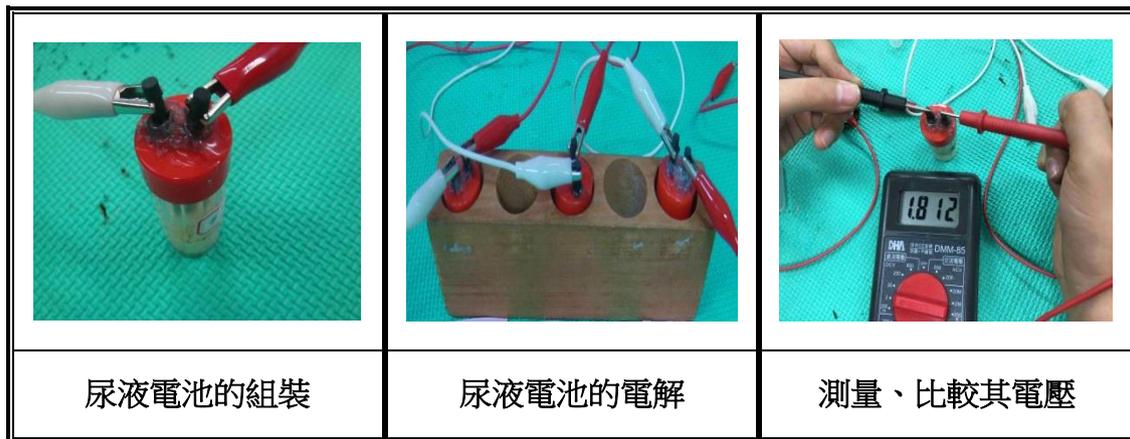


**測試結果：**電解後，40ml 的電壓較 20ml 的高，但經過 5 分鐘後測量，40ml 的電壓下降情形較 20ml 嚴重，10 分鐘後，20ml 的電壓就較 40ml 高了。

**討論：**一開始 40ml 的電壓超過 20ml，但維持性較差，因此實用性也就不高。20ml 尿液量的電力雖沒有 40ml 的大，但是它比較持久，電池講求的就是**持久性**。因此經過討論，我們決定固定尿液量為 **20ml** 來繼續進行後續實驗。

#### **探討四：電解時間多寡對尿液電性的關係**

1. 準備三個相同的碳棒電池盒，並各倒入 20 毫升的尿液。
2. 用**太陽能電池**分別**電解 5、10、15 分鐘**，觀察電性反應。



**測試結果：**電解 5 分鐘，電性效果最好，10 分鐘其次，15 分鐘最不理想。

**討論：****電解時間長短與電壓不成正比**，與我們的預測不同，頗感意外；且電解時間愈長，電性效果反而愈不理想。因此我們決定後續實驗，統一電解 5 分鐘。

#### **問題二-1：不同性別、年齡層的尿液電性、pH 值之比較**

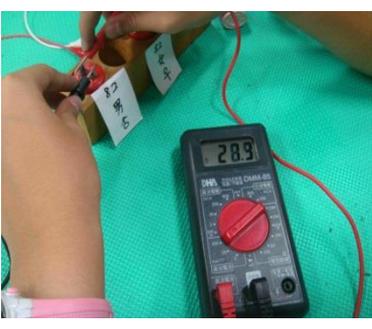
(一) **討論：****年齡層**較高，**腎的功能**會變得較弱，而腎是**排泄尿液必經的器官**，會不會因此，尿液的電性和 pH 值就不一樣呢？

(二) **實驗步驟：**

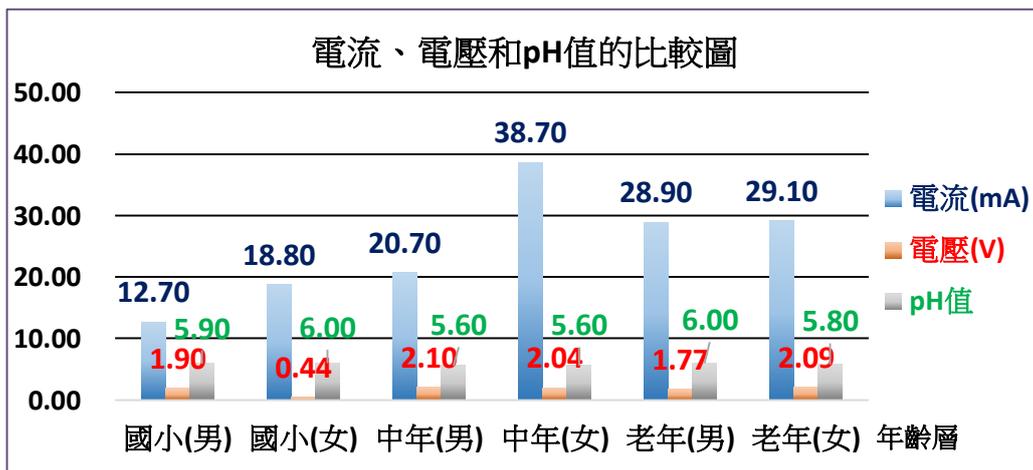
1. 在小容器裡分別倒入**國小男女、中年男女、老年男女**不同年齡層及不同性別的尿液。
2. 用太陽能電池**電解 5 分鐘**。
3. 5 分鐘後，用三用電表測量電壓及電流，並拍照、紀錄。
4. 將尿液倒入布丁杯，以 pH 計測量 pH 值，並拍照、紀錄。
5. 觀察數據趨勢。

(三) 實驗結果：

表二-1 不同家族性別、年齡層的尿液電性、pH 值之記錄表

		
將尿液倒入布丁杯	將尿液置入已製作好的容器中	測量電流、電壓與 pH 值

年齡層 電性	國小(男)	國小(女)	中年(男)	中年(女)	老年(男)	老年(女)
電流(mA)	12.70	18.80	20.70	38.70	28.90	29.10
電壓(V)	1.90	1.44	2.10	2.04	1.77	2.09
pH 值	5.90	6.00	5.60	5.60	6.00	5.80



圖二-1 不同家族性別、年齡層的尿液電性、pH 值之比較圖

(四) 結果發現：

1. 從實驗結果發現，不同年齡層中，**中年人與老年人尿液的電流、電壓與 pH 值結果都相當不錯**，而小學生尿液的電流、電壓反而較低。初始我們認為老年人會因為膀胱和

腎臟的退化，而效果不佳，但實驗結果卻**推翻了之前的猜測**。結果不但沒有很差，反而比國小組的還要好，出乎我們的意料之外。

2. **中年男女的 pH 值最低**，國小及老年較接近。
3. 我們從實驗中發現，不論哪一個年齡層，**女性測量尿液電性的結果都較男性好**。

#### (五) **歸納討論：**

1. 在此次的實驗結果中，我們發現**性別可能會影響電性和 pH 值**，因此，在後續的實驗中，我們**繼續將男女性別列入實驗考慮**，進行之後的實驗觀察比較。
2. 從實驗結果中我們發現，老人的尿液電性，並非三者中最低的，據文獻上記載：人類尿液之中 95%~97%為水，固體成分約佔 3%~5%。固體成分如：含氮廢物（尿素、尿酸）、電解質、毒素、色素、激素、異常成分。**人類尿液有至少 3,079 種化合物成份，絕大部份是外來化學物質**。因此我們懷疑尿液電性是否與家族體質、飲食習慣有關？值得我們更深入的探討。

#### **問題二-2：三代同堂，不同性別、年齡層的尿液電性、pH 值之比較**

- (一) **討論：**前次實驗是使用不同家庭、不同年齡層、不同性別的尿液，發現年齡層可能會影響電性。因此，此實驗我們決定再另外使用**體質、飲食習慣相近的三代同堂同家庭的尿液**，比較**三代同堂**不同性別、年齡層尿液電性的變化，探討是否有差異。

#### (二) **實驗步驟：**

1. 在小容器裡倒入**同家庭**中，國小男女、中年男女、及老年男女的尿液。
2. 用太陽能電池電解 5 分鐘。
3. 5 分鐘後，用三用電表測量電壓及電流，並拍照、紀錄。
4. 將尿液倒進布丁杯，以 pH 計測量 pH 值，並拍照、紀錄。
5. 觀察數據趨勢，並**與不同家庭尿液來源，進行電性效果比較**。



準備各種年齡層的尿液

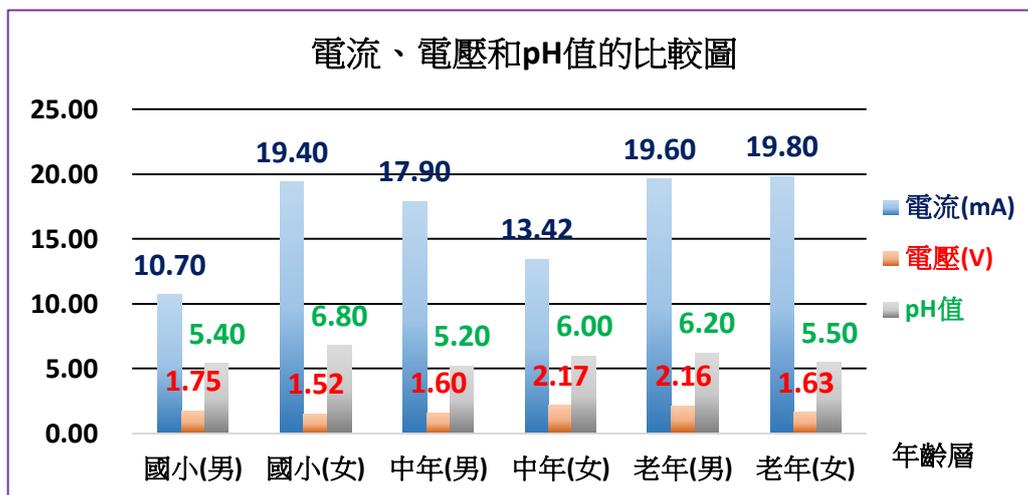
電解尿液五分鐘

測量電流、電壓與 pH 值

(三) 實驗結果：

表二-2 三代同堂，不同性別、年齡層的尿液電性、pH 值之記錄表

電性 \ 年齡	國小(男)	國小(女)	中年(男)	中年(女)	老年(男)	老年(女)
電流(mA)	10.70	19.40	17.90	13.42	19.60	19.80
電壓(V)	1.75	1.52	1.60	2.17	2.16	1.63
pH 值	5.40	6.80	5.20	6.00	6.20	5.50



圖二-2 三代同堂，不同性別、年齡層的尿液電性、pH 值之比較圖

(四) 結果發現：

1. 從實驗結果，我們發現，三代同堂中，老年人尿液的電流、電壓與 pH 值結果都相當的不錯；中年人尿液的電流、電壓與 pH 值也和小學生尿液的電流電壓十分相近。

2. 一開始，我們認為老年人的膀胱與腎臟都已退化，電流、電壓與 pH 值也會比較差，可是做完實驗後卻讓我們大感驚訝；因為，在**三代同堂**中，**老年人尿液的電流、電壓不但沒有比較差，反而比年輕人尿液的電流、電壓還要好。**
3. 在這**兩次的實驗**中，我們發現**老年及中年人的電性效能佳，而國小組男生反而一直是三者年齡層中最弱的。**
4. **與不同家庭的實驗結果相同**，不論男女，**中年男女及老年男女的電性效果極佳，三代同堂中的老年者還成為男性中效果最佳的年齡層。**我們從實驗中發現，不管是哪一個年齡層中，**女性尿液的電流電壓都比男性的好一些。**
5. **三代同堂與不同家庭的相異處**在於，**三代同堂的數據跳動範圍較小**，與我們的猜測是相符的。

#### (五) 歸納討論：

1. **經過兩次實驗，證實年齡層與性別有可能會影響電性及 pH 值。**因此，在之後的實驗裡，我們將繼續在不同的變因裡，仍加上男女性別來進行我們往後的實驗。
2. 令我們驚訝的是，我們猜測老年人會因為膀胱和腎臟的退化，造成電性效果不佳的情形，但是**從前兩次不同的尿液來源實驗中看出，老年人的電性不但不是最低的，效果還很不錯；**因此**初步推測，腎臟及膀胱等器官的功能對尿液電池電性的影響不大。**

#### 問題三：不同身體狀況者的尿液電性、pH 值之比較

- (一) 討論：到醫院做健康檢查時，我們常會「**驗尿**」來檢視身體的健康狀況。那麼，患有**不同病症**的人，尿液的電性和 pH 值是否會隨之不同呢？我們以實驗來釐清問題。
- (二) 實驗步驟：

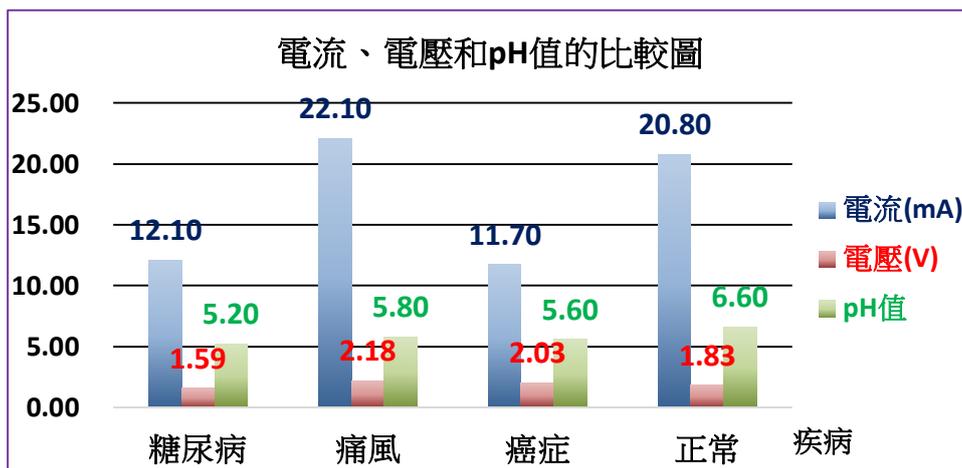
1. 在小容器裡分別倒入**正常人、痛風患者、癌症患者、糖尿病患者**的尿液。
2. 用太陽能電池電解 5 分鐘。
3. 5 分鐘後，以三用電表測量電壓及電流，並拍照、紀錄。
4. 將尿液分別倒入四個布丁杯，用 pH 計測量 pH 值，並拍照、紀錄。
5. 觀察數據趨勢。

(三) 實驗結果：

表三 不同身體狀況者的尿液電性、pH 值之記錄表

		
將尿液倒入已製作好的容器中	糖尿病症者之尿液 pH 值測量	癌症患者與正常人的尿液電解

電性 \ 疾病	正常	痛風	癌症	糖尿病
電壓(V)	1.83	2.18	2.03	1.59
電流(mA)	20.8	22.1	11.7	12.1
pH 值	6.6	5.8	5.6	5.2



圖三 不同身體狀況者的尿液電性、pH 值之比較圖

(四) 結果發現：

- 痛風患者與正常人的電性差異不大，但糖尿病患者的發電效能明顯較弱；癌症患者電性效果亦不佳。因此，我們懷疑，疾病的種類似乎可能影響尿液的電性。

2. 正常人的尿液 pH 值大約是 6.5，其餘三位疾病患者的 pH 值則是在 5~6 之間，與正常人有一段差距。

#### (五) 歸納討論：

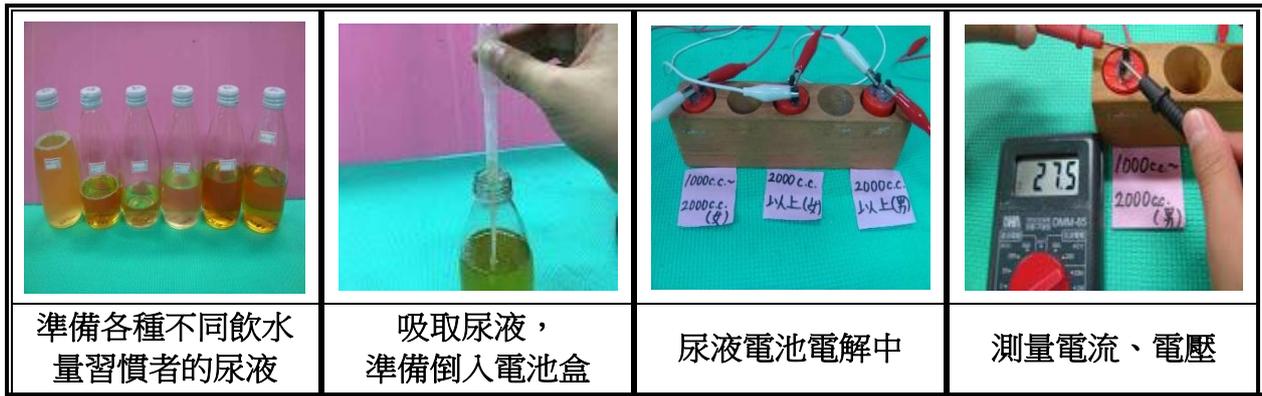
1. 文獻中表示，患有糖尿病的人會尿出無色尿液，是因為排尿時釋放太多水分。因此我們推測，糖尿病患者的尿液電性不理想，有可能與含水量有關。
2. 根據文獻，當身體出狀況時，尿液濃度就會偏高，而 pH 值也隨之降低。我們用 pH 計進行測量，發現正常人的尿液酸鹼值大約是 6.5，其餘三位不同疾病患者的酸鹼值都在 5~6 之間，與正常人的酸鹼值有一段差距，這表示我們的實驗結果與文獻相符。
3. 既然以數值來看，正常人的尿液電性最好，因此我們決定，接下來的實驗還是以正常人的尿液進行實驗。雖然痛風患者的效果也不錯，但要找到剛好有痛風又符合各種條件需求的男女，實在不易，因此還是決定用正常人的尿液進行後續實測。
4. 因文獻並無找到有關癌症尿液的相關資料，因此我們謹慎的推估，癌症患者可能是因為藥物反應導致數值有所差異；糖尿病患者也有在服用藥物，或許有相同的原因。

#### 問題四：不同飲水習慣者的尿液電性、pH 值之比較

- (一) 討論：根據文獻，正常人的尿液中含有各種氮廢物及礦物質，同時濃度也隨著飲水量多寡而有差別，水喝較少的人，尿液濃度也會較高。因此，我們想探討飲水量多寡與電性、pH 值的關係。

#### (二) 實驗步驟：

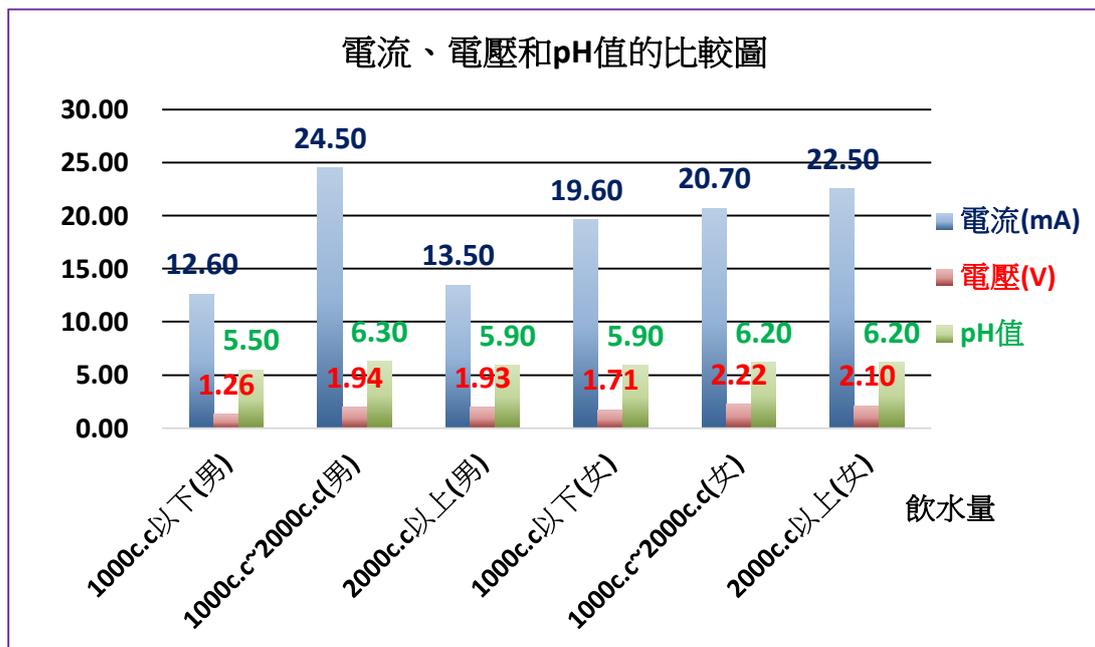
1. 在小容器裡分別倒入飲水量為 1000c.c.以下、1000~2000c.c.、2000c.c.以上男女的尿液。
2. 用太陽能電池電解 5 分鐘。
3. 電解 5 分鐘後，用三用電表測量電壓及電流，並拍照、紀錄。
4. 將尿液分別倒入六個布丁杯，用 pH 計測量 pH 值，並拍照、紀錄。
5. 觀察數據趨勢。



(三) 實驗結果：

表四 不同飲水習慣者的尿液電性、pH 值之記錄表

飲水量 電性	1000c.c. 以下(男)	1000c.c. 以下(女)	1000~2000 c.c.(男)	1000~2000 c.c.(女)	2000c.c. 以上(男)	2000c.c. 以上(女)
電壓(V)	1.26	1.71	1.94	2.22	1.93	2.1
電流(mA)	12.6	19.6	27.5	18.7	13.5	22.5
pH 值	5.5	5.9	6.3	6.2	5.9	6.2



圖四 不同飲水習慣者的尿液電性、pH 值之比較圖

#### (四) 結果發現：

1. 在本次實驗中，我們發現飲水量習慣介於 1000c.c 和 2000c.c 之間的平均數值最佳，其電性和 pH 值都很不錯；2000c.c.以上其次；飲水量 1000c.c.以下的男女，平均 pH 值及電性效果均最低。
2. 從實驗結果我們發現，飲水量的多寡似乎真的會影響尿液電性及 pH 值的大小。
3. 從實驗結果可以看出，女性尿液的電性大都依然較男性尿液的電性理想。
4. 在尿液蒐齊集中比較時，我們發現：同性別飲水量愈少者，尿的顏色愈深；飲水量愈多，尿的顏色越淡的現象。

#### (五) 歸納討論：

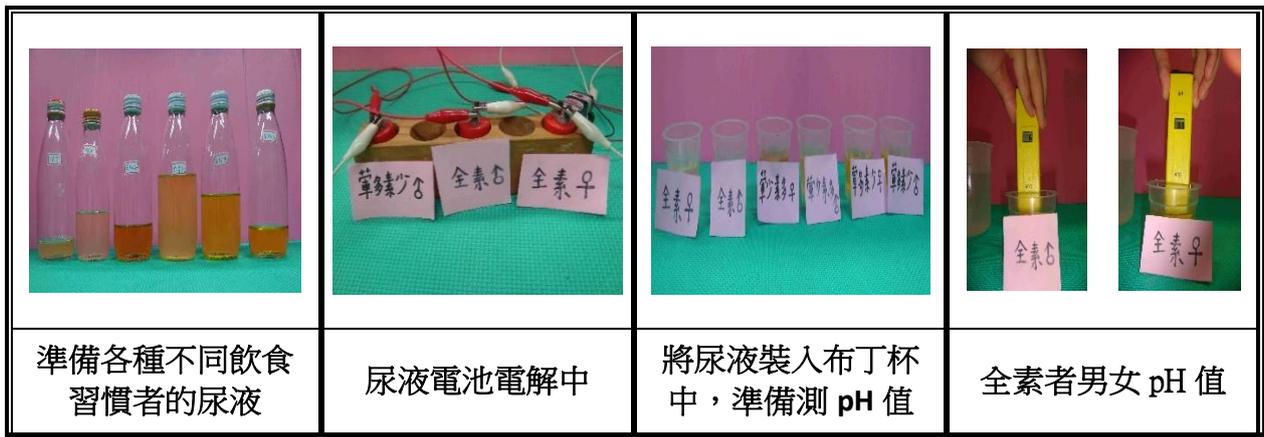
1. 不論男女，飲水量為 1000c.c.~2000c.c.的平均發電效能均最佳；飲水量 1000c.c.以下的 pH 值及電性普遍較低，這與文獻以及我們的猜測完全相符。
2. 根據文獻資料顯示，尿的顏色與飲水量有很大的關係，我們的發現確實如此。
3. 文獻與網路上都傳聞著，尿液本身就偏酸性，若攝取太多肉類、五穀雜糧、豆類與蛋類，尿液則會更酸，果真是如此嗎？如果多吃蔬菜水果，就能讓尿液變鹼性嗎？這也成為我們下次實驗所想要探討的問題。

#### 問題五：不同飲食習慣者的尿液電性、pH 值之比較

(一) 討論：根據文獻記載，尿液 pH 值受飲食種類影響很大，如進食蛋白質較多，尿液 pH 值較低，而進食蔬菜多時，尿液 pH 常大於 6。果真是如此嗎？飲食習慣的不同又會不會影響電性反應呢？我們決定以實驗求證。

#### (二) 實驗步驟：

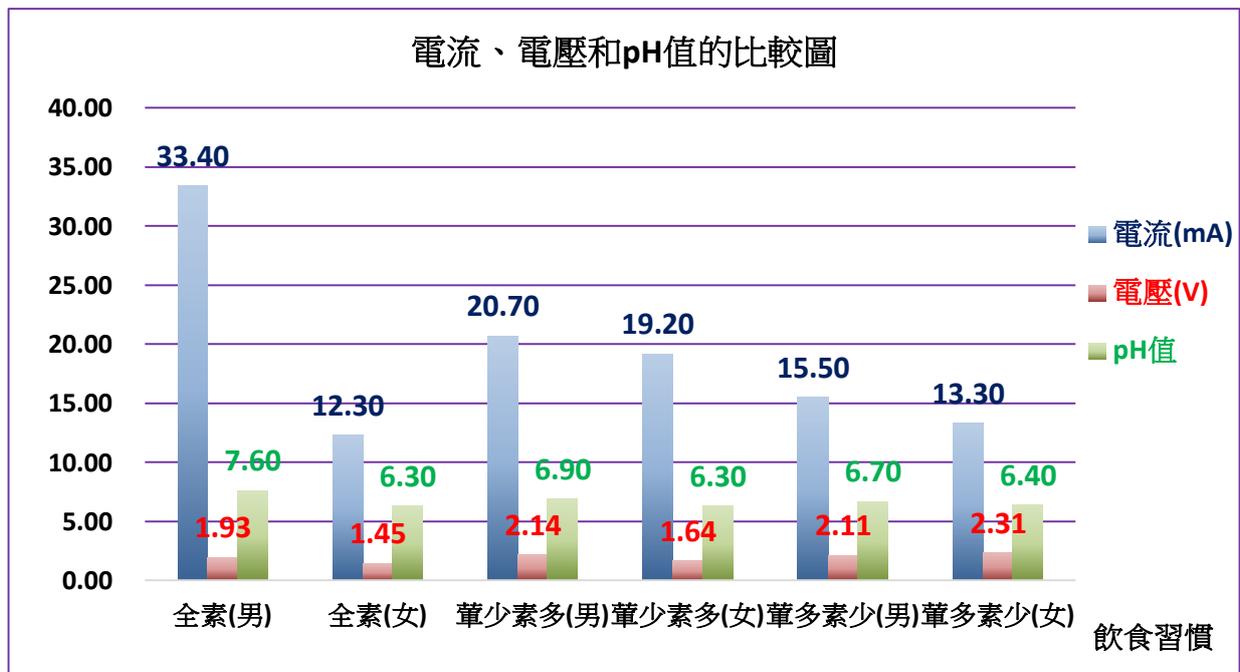
1. 在小容器裡分別倒入全素男女、葷多素少男女、葷少素多男女的尿液。
2. 用太陽能電池電解 5 分鐘，並用三用電表測量電壓及電流，拍照、紀錄。
3. 將尿液分別倒入六個布丁杯，並用 pH 計測量 pH 值，並拍照、紀錄。
4. 觀察數據趨勢。



(三) 實驗結果：

表五 不同飲食習慣者的尿液電性、pH 值之記錄表

飲食習慣 電性	全素(男)	全素(女)	葷少素多 (男)	葷少素多 (女)	葷多素少 (男)	葷多素少 (女)
電壓(V)	1.93	1.45	2.14	1.64	2.11	2.31
電流(mA)	33.4	12.3	20.7	19.2	15.5	13.3
pH 值	7.6	6.3	6.9	6.3	6.7	6.4



圖五 不同飲食習慣者的尿液電性、pH 值之比較圖

#### (四) 結果發現：

1. 若僅以電壓強弱來看，葷多素少的飲食習慣效果最好；葷少素多其次，全素男女的電性效果最不理想。
2. 從實驗結果，我們發現，除了全素者男性尿液的 pH 值的確比較高之外，其餘飲食習慣者，pH 值差異值並不大。
3. 在每一組飲食習慣裡，男性尿液的電性幾乎都高於女性，這和我們之前不同向度的研究比較結果不同。

#### (五) 歸納討論：

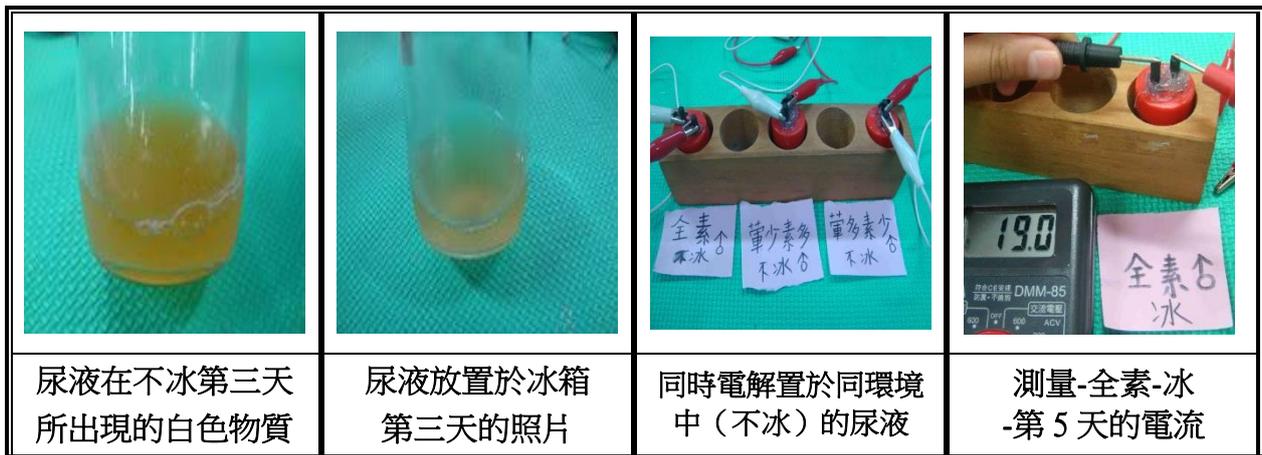
1. 此實驗的女性全素者，屬已很長一段時間食素。而肉類含有許多動物性蛋白質，文獻中亦提到，若沒有均衡攝取各種飲食的營養，會造成體內電解質不平衡；這是否會間接影響尿液的電性，值得繼續探討。
2. 素食主義者的飲食中，蔬食佔大多數。而許多網路資料皆表示攝取較多肉類的肉食主義者，平均 pH 值偏低；但根據我們實測結果，葷素習慣，對尿液 pH 值似無法看出特別的影響性。全素男的尿液電流特強、pH 值偏高(測好幾次)，倒引起我們很大的好奇心，是否與其正在準備聯考，身心處於特殊狀況下有關，倒是成了有趣的疑惑！

#### 問題六：尿液保存時間對電性、pH 值之比較

(一) 討論：之前的實驗，我們都是採用新鮮的尿液，但新不新鮮是否也會影響電性？這個問題是我們想要探討的。

#### (二) 實驗步驟：

1. 在小容器裡，分別倒入全素、葷多素少、葷少素多二組的尿液，並置於不同環境中(冰箱、常溫)。
2. 每天取出一部分，用太陽能電池電解 5 分鐘。
3. 用三用電表測量電壓及電流，並拍照、紀錄。
4. 將尿液每天分別倒入六個布丁杯，用 pH 計測量 pH 值，並拍照、紀錄。
5. 觀察數據趨勢。



(三) 實驗結果：

表六-1 不同保存期限對全素尿液電壓、電流、pH 值的影響記錄表

(不冰)				(冰)			
測量 天數	電流(mA)	電壓(V)	pH 值	測量 天數	電流(mA)	電壓(V)	pH 值
第 1 天	15.7	1.82	6.2	第 1 天	15.7	2.50	6.4
第 2 天	16.3	2.35	6.1	第 2 天	20.1	2.29	6.2
第 3 天	14.2	2.15	6.1	第 3 天	10.8	2.29	6.1
第 4 天	15.3	2.28	6.5	第 4 天	15.0	1.49	5.6
第 5 天	20.9	1.98	6.3	第 5 天	19.0	2.40	6.2
第 6 天	18.5	1.94	6.4	第 6 天	24.9	2.27	6.0
第 7 天	17.3	1.98	6.6	第 7 天	20.8	2.25	6.2
第 8 天	10.1	2.54	6.6	第 8 天	21.2	1.78	6.4

表六-2 不同保存期限對葷少素多電壓、電流、pH 值的影響記錄表

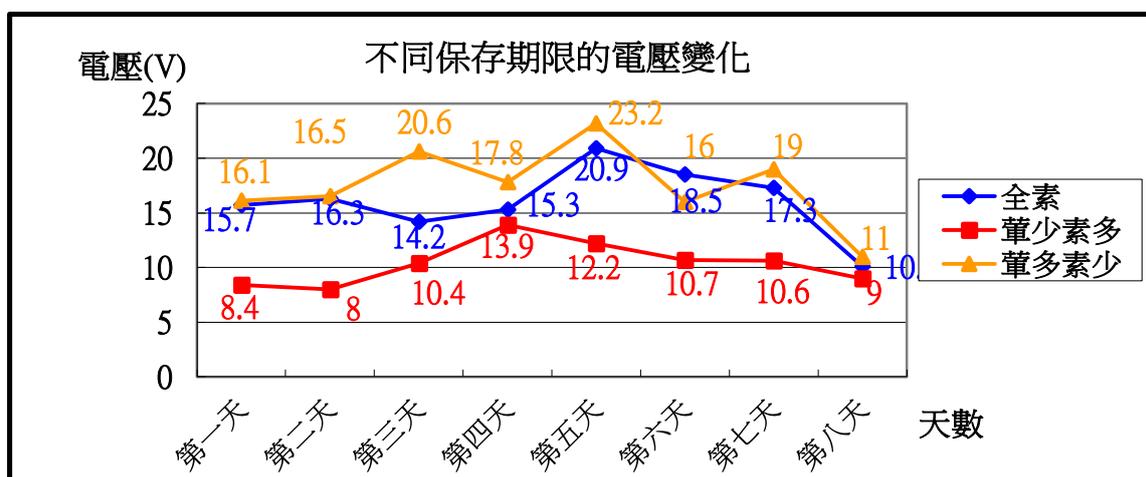
(不冰)				(冰)			
測量 天數	電流(mA)	電壓(V)	pH 值	測量 天數	電流(mA)	電壓(V)	pH 值
第 1 天	8.4	1.89	6.8	第 1 天	9.8	2.13	6.5
第 2 天	8.0	1.64	6.9	第 2 天	13.8	2.52	6.4
第 3 天	10.4	2.33	6.4	第 3 天	16.0	2.26	6.5
第 4 天	13.9	2.07	6.5	第 4 天	14.7	2.28	6.6
第 5 天	12.2	2.29	6.5	第 5 天	13.1	2.00	6.3
第 6 天	10.7	2.14	6.6	第 6 天	11.7	2.35	6.2
第 7 天	10.6	1.69	6.4	第 7 天	10.4	2.13	6.5
第 8 天	9.0	1.74	6.5	第 8 天	9.4	1.46	6.7

表六-3 不同保存期限對葷多素少電壓、電流、pH 值的影響記錄表

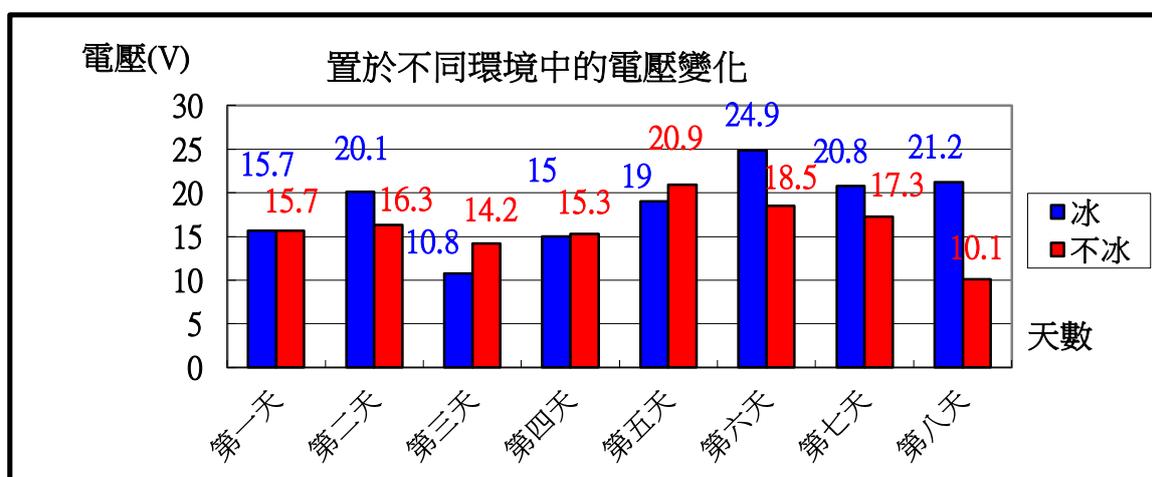
(不冰)

(冰)

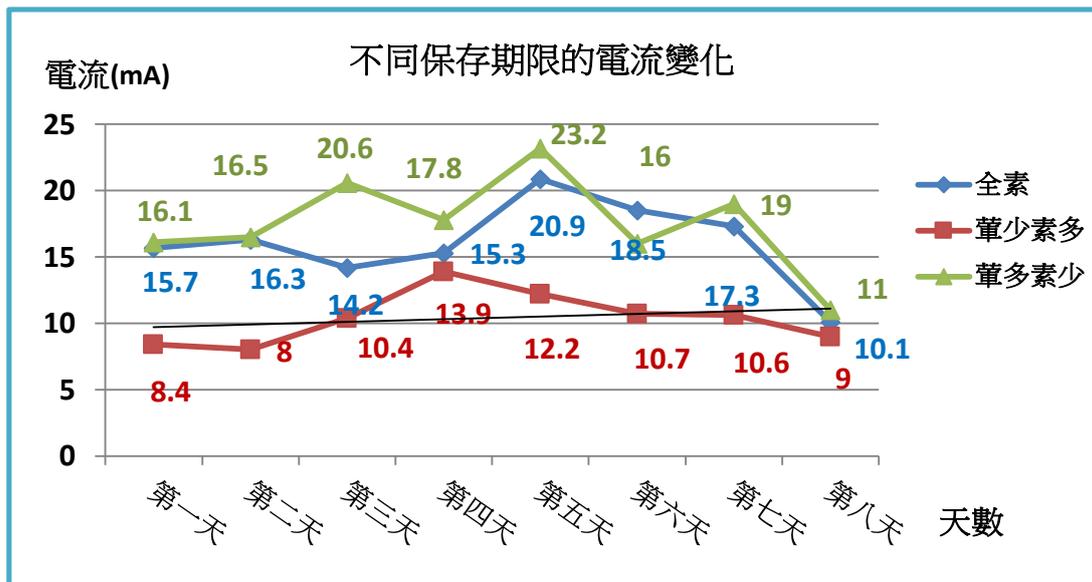
測量 天數	電流(mA)	電壓(V)	pH 值	測量 天數	電流(mA)	電壓(V)	pH 值
第 1 天	16.1	2.15	6.1	第 1 天	15.2	2.35	6.4
第 2 天	16.5	1.96	6.5	第 2 天	11.4	1.79	6.2
第 3 天	20.6	2.03	6.4	第 3 天	14.4	2.37	6.1
第 4 天	17.8	2.16	6.6	第 4 天	12.2	1.72	5.6
第 5 天	23.2	2.00	6.5	第 5 天	13.2	2.29	6.1
第 6 天	16.0	2.34	6.5	第 6 天	10.4	1.35	6.1
第 7 天	19.0	2.11	6.8	第 7 天	9.7	1.29	6.2
第 8 天	11.0	2.37	6.5	第 8 天	12.8	2.30	6.4



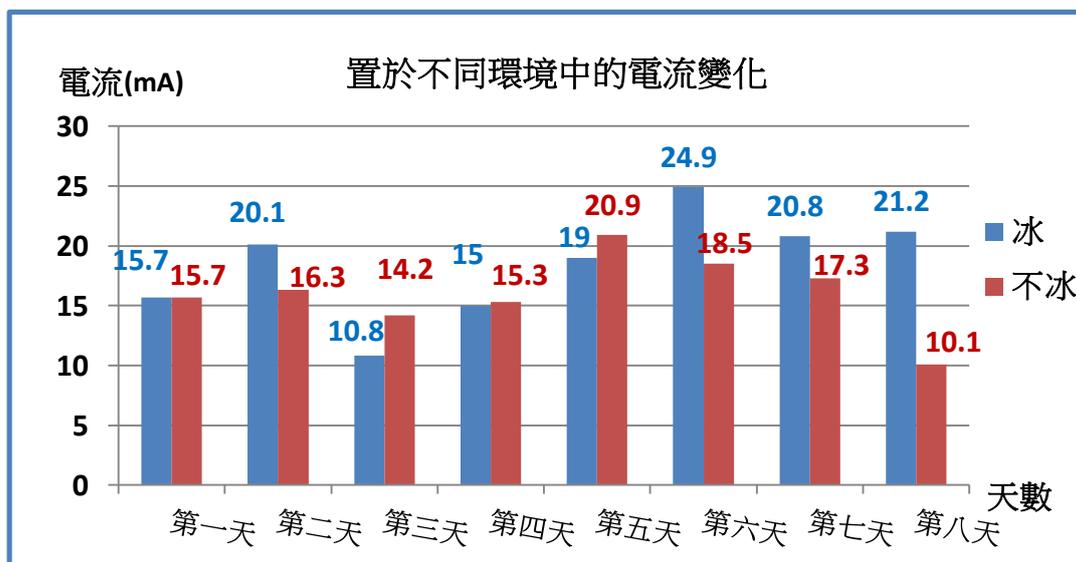
圖六-1 不同保存期限的尿液對電壓的影響比較圖



圖六-2 置於不同環境的尿液對電壓的影響比較圖



圖六-3 不同保存期限的尿液對電流的影響比較圖



圖六-4 置於不同環境的尿液對電流的影響比較圖

(四) 結果發現：

- 我們將尿液放在常溫中，幾天後，可觀察到明顯的白色沉澱物；而從冰箱拿出的尿液玻璃瓶並無此情形，但瓶身上凝結著小水滴。
- 在本次實驗中，尿液的 pH 值並不會受天數影響，雖然各數據中的 pH 值都有所跳動，但都起伏不大。
- 放置在冰箱中的尿液電性效果稍佳，但冰與不冰均仍有不錯的效果。

### (五) 歸納討論：

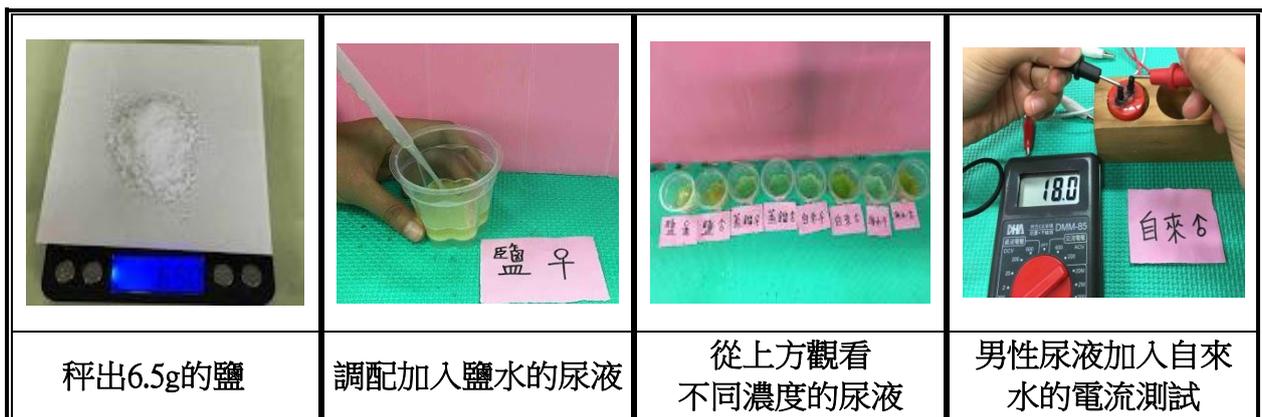
1. 文獻顯示，尿液中有白色的物質有可能是**鹼性結晶尿**，鹼性結晶尿是指在一段時間內，一直吃蔬菜類的食物，沒有接觸到葷食所出現的症狀。
2. 整體來看，尿液的保存若有冰，電性會稍好；但**冰與不冰，對電性的影響性不大**，這也更增添了尿液電池在生活上的便利性。

### 問題七：不同尿液濃度的電性、pH 值之比較

(一) 討論：我們知道尿液是電解質，那麼**電解質的濃度**降低，發電效能是否也會隨之降低呢？若摻雜其他電解質，發電效能又如何呢？

### (二) 實驗步驟：

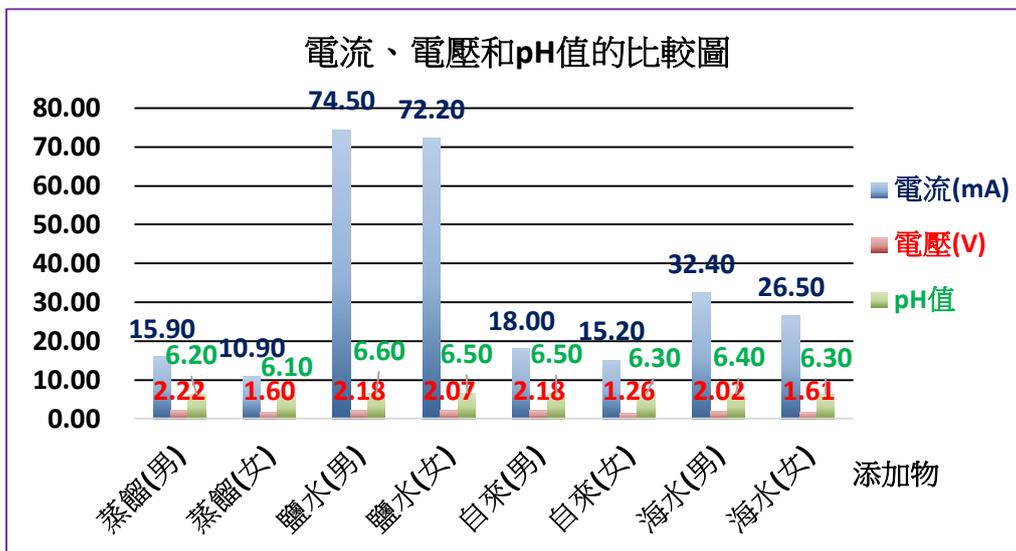
1. 調配**加入鹽水、蒸餾水、自來水及海水**濃度的尿液。
2. 在小容器裡分別倒入加有不同水溶液的尿液 20 毫升。
3. 用太陽能電池電解 5 分鐘。
4. 電解 5 分鐘後，以三用電表測量電壓及電流，並拍照、紀錄。
5. 將尿液分別倒入六個布丁杯，並用 pH 計測量 pH 值，並拍照、紀錄。
6. 觀察數據趨勢。



(三) 實驗結果：

表七 不同尿液濃度之電性、pH 值反應比較記錄表

濃度 電性	蒸餾 (男)	蒸餾 (女)	自來水 (男)	自來水 (女)	鹽水 (男)	鹽水 (女)	海水 (男)	海水 (女)
電壓(V)	2.22	1.60	2.18	1.26	2.18	2.07	2.02	1.61
電流 (mA)	15.9	10.9	18.0	15.2	74.5	72.2	32.4	26.5
pH 值	6.2	6.1	6.5	6.3	6.6	6.5	6.4	6.3



圖七 不同尿液濃度之電性、pH 值反應之比較圖

(四) 結果發現：

1. 從實驗結果我們發現，加有鹽水的尿液電性的確比較高；其次是加有海水的尿液。
2. 鹽水的電流出奇的高，海水其次，其他兩者較低。
3. pH 值都在 6~6.5 之間，變化不大。
4. 在每一組添加物的實驗中，男性尿液的電性都較女性尿液的電性好。

(五) 歸納討論：

1. 根據文獻，鹽水是一種電解質，本身就能導電。因此，我們推測鹽水加上尿液的電流出奇的高，是因為將兩種電解質加在一起，發揮了加分的效果。
2. 海水雖然和鹽水一樣含有鹽分，可以導電，但因為海水中的鹽分比重不如鹽水，因此

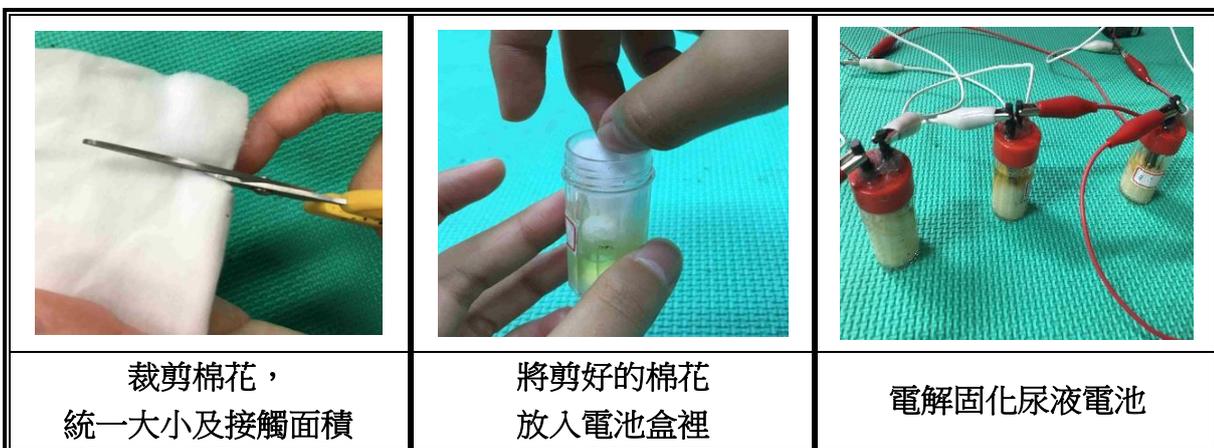
，電流也不如尿液加上鹽水的電流。我們推測當尿液加上某些電解質如鹽水，的確可提高發電效能；但也有部分的電解質如蒸餾水，可能會降低尿液的濃度，電性也因此反而會下降一些。

#### 問題八：尿液固化後對電性反應的比較

(一) 討論：尿液電池體積小、發電效能卻極佳，名符其實是「小兵立大功」。不僅如此，尿液電池非常環保、能夠廢物利用、簡單易做、方便就地取材，且不浪費資源。但我們還想改良液態的尿液電池，製作固態電池，使攜帶更為方便，並觀察固化後的電性反應。

#### (二) 實驗步驟：

1. 製作液態及固態尿液電池各三個。
2. 在電池盒內倒入 20 毫升的尿液，並放入棉花，使其吸取尿液，完成固化尿液電池。
3. 在液態及固態尿液電池上加上編號，並用太陽能電池電解 5 分鐘。
4. 5 分鐘後，用三用電表測量電壓及電流，並拍照、紀錄。



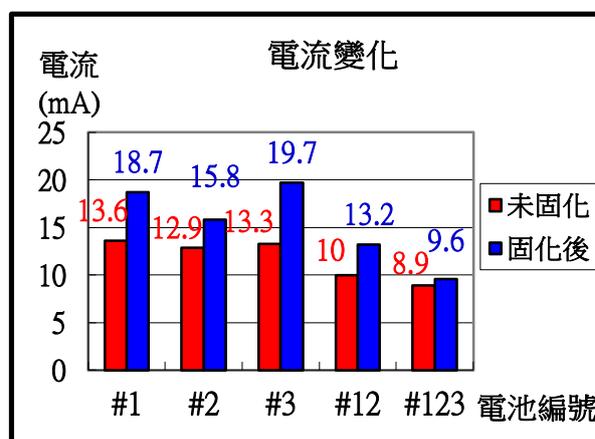
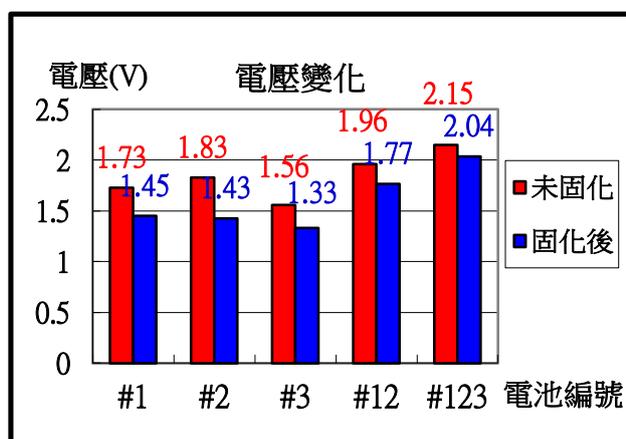
#### (三) 實驗結果：

表八-1 尿液未固化對電壓、電流的影響記錄表

編號 電性	#1	#2	#3	#1+#2	#1+#2+#3
電壓(V)	1.73	1.83	1.56	1.96	2.15
電流(mA)	13.6	12.9	13.3	10.0	8.9

表八-2 尿液固化後對電壓、電流的影響記錄表

編號 電性	#1	#2	#3	#1+#2	#1+#2+#3
電壓(V)	1.45	1.43	1.33	1.77	2.04
電流(mA)	18.7	15.8	19.7	13.2	9.6



圖八-1 尿液固化是否對電壓的影響比較圖

圖八-2 尿液固化是否對電流的影響比較圖

#### (四) 結果發現：

1. 未固化與固化後的尿液電池電性差距不大，可用性均佳，各有其便利性。
2. 從電壓變化圖中觀察，未固化(液態)尿液電池的電壓較固化後高，但固化後的尿液電池電流較未固化為高。
3. 串聯越多顆電池，尿液電池的電壓逐漸升高。

#### (五) 歸納討論：

1. 固態與液態的尿液電池發電功能差異不大，且電性極佳。但固態電池攜帶較方便，成了較佳的選擇。
2. 根據文獻，電池的串聯可使電力增強，這與我們的實驗結果相符。因此我們建議，可同時電解數顆尿液電池，5分鐘後將其串聯，達到最佳的電性效果。

### 問題九：尿液電池在生活上的應用

- (一) 討論：尿液電池發電效能極佳，又是生活中環保的資源，固化後攜帶更加方便，因此我們決定試著將尿液電池應用在生活中，試試看，自己做的尿液電池可不可以讓電器啟動，探討它的實用性。

(二) 實驗步驟：

1. 準備液態及固態尿液電池各三顆，倒入 20 毫升的男性尿液，並加上編號。
2. 六顆尿液電池各電解 5 分鐘後，用三用電表測量電壓、電流，並拍照、紀錄。
3. 分別將六顆尿液電池連接在蜂鳴器、小風扇及 LED 燈上，觀察其實用性。



(三) 實驗結果：

表九-1 未固化(液態) 尿液電池對電壓、電流的影響及生活中的應用記錄表

測量 電池編號	電壓(V)	電流(mA)	蜂鳴器 的應用	小風扇 的應用	LED 燈 的應用
#1	1.83	20.6	V	V	V
#2	1.78	18.9	V	V	V
#3	1.76	18.3	V	V	V

表九-2 固化尿液電池對電壓、電流的影響及生活中的應用記錄表

測量 電池編號	電壓(V)	電流(mA)	蜂鳴器 的應用	小風扇 的應用	LED 燈 的應用
#1	1.65	22.7	V	V	V
#2	1.73	23.0	V	V	V
#3	1.63	20.7	V	V	V

#### (四) 結果發現：

1. 液態尿液電池的電壓較固態尿液電池高。
2. 固態尿液電池的電流較液態尿液電池高。
3. 固態尿液電池及液態尿液電池均能啟動蜂鳴器、小風扇及 LED 燈。
4. 我們發現，無論是液態尿液電池或固態尿液電池只需一顆就可以啟動蜂鳴器、小風扇及 LED 燈。

#### (五) 歸納討論：

1. 固態尿液電池攜帶更方便，因此更具實用性。
2. 雖然液態尿液電池的電壓較固態稍微高一些，但文獻指出，若電流不夠高時，有時依然無法啟動馬達。因此我們推測，液態尿液電池有些小風扇的轉動表現不如固態尿液電池快，可能是因為電流的關係。因為電流小於電阻(電阻是藉由限制電流的流量讓電子電路運轉正常)，因此電器無法正常「工作」，造成液態尿液電池的表現稍不如固態尿液電池。
3. 根據實驗結果，我們發現，自己製作的尿液電池，只要一顆就可以啟動蜂鳴器、小風扇及 LED 燈，不但環保，還電力十足呢！

## 柒、討論與建議

- 一、根據我們的實驗結果，雖然鋅銅電池的電解效果不錯，但會產生腐蝕情形，違背我們的環保概念。使用廢電池的碳棒作為尿液電池的導電物，效果很理想。因此，推薦大家在自製電池時，導電物可以盡量考慮使用廢電池的碳棒，既經濟又環保。
- 二、從實驗一發現，尿液量多寡及電解時間會影響電性，但並不表示電解時間越長、尿液量越多、電性效果就越好；觀察數據趨勢後，我們發現尿液量維持在 20ml、電解 5 分鐘的尿液電池效率最高。因此，我們建議如果尿液量增加，電解的時間也要隨之延長。
- 三、從實驗結果中我們發現，老人的尿液電性，並非三者中最低的，據文獻上記載：人類尿液之中 95%~97% 為水，固體成分約佔 3%~5%。固體成分如：含氮廢物（尿素、尿

酸)、電解質、毒素、色素、激素、異常成分等。人類尿液有至少 3,079 種化合物成份，絕大部份是外來化學物質。因此我們懷疑尿液電性是否與家族體質、飲食習慣有關？值得更深入探討。

四、實驗三中，因文獻並無找到有關癌症尿液的相關資料，因此我們謹慎的推估，癌症患者可能與因為服用藥物反應導致數值有所差異有關；糖尿病患者也有在服用藥物，或許也有其他相同的原因。在這方面，值得尋找相近的個案，進行更進一步的追蹤研究。

五、實驗五中的女性全素者，屬已很長一段時間食素。而肉類含有許多動物性蛋白質，文獻中亦提到，若沒有均衡攝取各種飲食的營養，會造成體內電解質不平衡；這是否會間接影響尿液的電性，可再繼續深入探討。

六、將尿液放在常溫中，幾天後，可觀察到明顯的白色沉澱物；而從冰箱拿出的尿液玻璃瓶並無此情形，但瓶身上凝結著小水滴。文獻顯示，尿液中有白色的物質有可能是鹼性結晶尿，鹼性結晶尿是指在一段時間內，一直吃蔬菜類的食物，沒有接觸到葷食所出現的症狀。整體來看，尿液的保存若有冰，電性會稍好；但冰與不冰，對電性的影響性不大，這也更增添了尿液電池在生活上的便利性。

七、固態與液態的尿液電池發電功能差異不大，且電性極佳；但固態電池攜帶較方便，成了較佳的選擇。建議可同時電解數顆尿液電池，5 分鐘後將其串聯，達到更理想的電性效果。

## 捌、結論

一、根據蒐集文獻記載，電池分為燃料電池及鋅銅電池，其中鋅銅電池若長期處於潮溼環境，會產生腐蝕情形；而用碳棒製作的電池亦為燃料電池的一種，此種電池的碳棒可重複電解、使用。因此我們決定利用廢電池內的碳棒做為尿液電池的導電物，非常符合環保的概念。

二、從實驗二發現年齡層與性別有可能會影響電性及 pH 值。此外，根據兩次不同的尿液來源實驗中看出，老年人的電性不但不是最低的，效果還很不錯；因此初步推測，腎臟及膀胱等器官的功能對尿液電池電性的影響不大。

三、根據文獻，當身體出狀況時，尿液濃度就會偏高，而 pH 值也隨之降低。我們用 pH 計進

行測量，發現**正常人的尿液酸鹼值大約是 6.5**，其餘三位**不同疾病患者的酸鹼值都在 5~6 之間**，與正常人的酸鹼值有一段差距，這表示我們的**實驗結果與文獻相符**。

四、**不論男女，飲水量為 1000c.c.~2000c.c.的發電效能均最佳**；**飲水量 1000c.c.以下的 pH 值及電性普遍最低**，這與文獻以及我們的猜測完全相符。

五、根據文獻資料顯示，尿的顏色與飲水量有很大的關係。而在尿液蒐齊集中比較時，我們發現：**同性別飲水量愈少者，尿的顏色愈深**；**飲水量愈多，尿的顏色有越淡的現象**。

六、整體來看，**尿液的保存若有冰，電性會稍好**；**但冰與不冰，對電性的影響性不大**，這也更增添了尿液電池在**生活上的便利性**。

七、根據文獻記載，鹽水是一種電解質，本身就能導電。因此，我們推測**鹽水加上尿液的電流會比較高**，而實驗結果也證實了**加鹽水**的電性果真出奇的高，我們推測可能是因為將兩種電解質加在一起，發揮了**加分的效果**；但有部分的電解質，如**蒸餾水加入尿液後**，反而會降低尿液的濃度，**電性也因此下降**一些。我們推測可能是蒸餾水乃是經過處理後純潔、乾淨，**不含有雜質或細菌**的水，因此效果反而不理想。

八、從實驗八中的電壓及電流變化圖中觀察，**液態尿液電池的電壓比固化後高**；但**固化後的尿液電池電流較液態高**，是個很奇特的現象。雖然液態尿液電池的電壓比固態稍微高一些，但文獻指出，若**電流不夠高**時，有時**依然無法啟動馬達**。根據實驗結果我們覺得，**固態尿液電池還是較液態尿液電池方便且具實用性**。

九、根據實驗結果，我們發現自己製作的尿液電池，只要**一顆就可以啟動蜂鳴器、小風扇及 LED 燈**，不但**環保**，還**電力十足**，真是**小兵立大功**呢！

## 玖、參考資料

【綠色環保——簡易氫氧燃料電池】

<http://gclab.thu.edu.tw/gen-chem/pdf-gc/Exp25.pdf>

【尿液電解質- 阿裡塔克】

[www.howtotw.net/topic/尿液電解質](http://www.howtotw.net/topic/尿液電解質)

<http://www.howtotw.net/topic/%E5%B0%BF%E6%B6%B2%E9%9B%BB%E8%A7%A3%E8%B3%AA>

【注意，尿尿出現「泡泡」時就恐怖了！男人尿分叉了就代表...，女人排尿前得先做這件事！！】

2015-12-04 / 作者：阿蕉 /81524

<http://m.life.tw/?app=view&no=359767>

【食物與尿液酸鹼】

◎發表日期：2009.04 文／營養師 張靜芬

[http://www.tch.org.tw/tch/14/14\\_3/14\\_3\\_035.aspx](http://www.tch.org.tw/tch/14/14_3/14_3_035.aspx)

【尿液顏色…太淺太深都不行】

2015-05-16 02:19 世界日報 編譯宋凌蘭／綜合 14 日電

<http://udn.com/news/story/7266/904625-%E5%B0%BF%E6%B6%B2%E9%A1%8F%E8%89%B2%E2%80%A6%E5%A4%AA%E6%B7%BA%E5%A4%AA%E6%B7%B1%E9%83%BD%E4%B8%8D%E8%A1%8C>

【電解質不平衡 身體會出毛病】

文／賴意櫻

<http://old.ltn.com.tw/2005/new/may/14/life/medicine-4.htm>

【Y興の自然教學網- 電路 DIY(南一版)---單元學習重點整理】

<http://plog.hlps.tc.edu.tw/post/56/5192>

【電流不足如何驅動繼電器？ 如何解決? | Yahoo 奇摩知識+】

<https://tw.answers.yahoo.com/question/index?qid=20100203000010KK04554>

【尿-維基百科，自由的百科全書】

<https://translate.google.com.tw/translate?hl=zh-TW&sl=zh-CN&u=https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%25E5%25B0%25BF&prev=search>

【歐姆定律-維基百科，自由的百科全書】

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%AC%A7%E5%A7%86%E5%AE%9A%E5%BE%8B>

【糖尿病-維基百科，自由的百科全書】

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B3%96%E5%B0%BF%E7%97%85>

【痛風-維基百科，自由的百科全書】

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%97%9B%E9%A3%8E>

【癌症-維基百科，自由的百科全書】

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%99%8C%E7%97%87>

【醫師文章】

[http://www.shutien.org.tw/dr\\_doc\\_detail.aspx?bookid=571](http://www.shutien.org.tw/dr_doc_detail.aspx?bookid=571)

【蒸餾水--自由百科全書】

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%92%B8%E9%A6%8F%E6%B0%B4>

【鹽水-維基百科，自由的百科全書】

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%B9%BD%E6%B0%B4>

【自來水-維基百科，自由的百科全書】

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%87%AA%E6%9D%A5%E6%B0%B4>

【海水-維基百科，自由的百科全書】

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E6%B0%B4>

## 【評語】 080809

該研究透過尿液電解製作氫氣燃料於發電使用，探討人類不同個體尿液的發電效能，研究探討豐富，唯電池工作原理可多探究說明，未來可多加以研究提高發電量供民生使用。