草酸水溶液電解及其光化學反應

高中組化學科第二名

臺灣省立武陵高級中學

作　　者：邱顯博、莊世文

指導教師：蘇景進

一、研究動機

從國中開始，我們做過許多電解實驗。我們發現一些電解質水溶液電解僅靠電解質導電致使水電解；而有的却能連電解質本身都氧化還原，而水亦電解。

然草酸水溶液電解又會產生什麼呢？於是便自行動手做；又發現以鋁為電極電解會發光，更值得加以研究探討。

人才、知識、技術、設備的缺乏，使此次研究分外艱辛，不過仍希望藉科學展覽達到研究相互交流的目的。

二、研究目的

㈠以鉑為電極，探討$H_2C_2O_4$（aq）的直流電解

1.氣體產物定性分析

2.濃度不同對電解$H_2C_2O_4$（aq）的影響

3.不同電壓產生的現象

㈡$H_2C_2O_4$（aq）電解的發光反應

1.利用螢光劑檢測光的性質

2.濃度不同對發光度及顏色的觀察

3.電壓不同對發光度的觀察

4.利用不同電極材料做光度的觀察

5.推測發光原因

三、研究設備

㈠儀器：

供電器、電解槽、三樑天平、測光計、碼錶

㈡藥品：

$H_2C_2O_4$.（NH_4）$_2C_2O_4$.$Na_2C_2O_4$.H_2O.Pt.A1.Mg.In.Cu.螢光劑、火柴

四、研究方法

㈠1.方法：用DC25V以Pt為電極電解1N（0.5M）$H_2C_2O_4$（aq），將陰陽極所產生氣體收集並用Ca（OH）$_2$（aq），火柴試驗氣體的性質

2.方法：配製0N, 0.1N, 0.2N, 0.3N, 0.4N, 0.5N, 1.0N, 2.0N $H_2C_2O_4$（aq），用DC25V電解，以陰極氣體產量10.0ml為準，測量時間；同㈠1.，試驗氣體的性質

3.方法：電解1N $H_2C_2O_4$（aq），採DC0.0V, 0.25V, 0.5V, 0.75V, 1.0V, 1.5V, 2.0V,3.0V, 5.0V, 10.0V, 25V之電壓電解，觀察陰陽極上是否有氣體產生。若有，同㈠1.，試驗氣體的性質

㈡1.方法：用適合吸收紫外線，可見光之非極性螢光劑，於以A1為電極電解$H_2C_2O_4$（aq）時加入少許，觀察是否藉螢光劑發光。

2.方法：配製0.0N, 0.25N, 0.5N, 1.0N $H_2C_2O_4$（aq）以A1為電極用DC180V電解，在暗室用測光計觀察光度及顏色

3.方法：用DC22.5V, 45V, 90V, 180V以A1作電極電解1N

$H_2C_2O_4$（aq）在暗室觀察光度

4.方法：以Mg,A1, In,Cu,Pt作電極，DC180V電解1N $H_2C_2O_4$（aq）在暗室觀察是否發光及光度大小

五、結果

㈠1.陰陽極氣體通入Ca（OH）$_2$（aq）顏色並無變化。用火柴檢驗：陰極氣體有爆聲，火柴隨即熄滅；陽極氣體則使火柴有劇烈燃燒現象，而火柴於試驗完仍繼續燃燒。故推測陰極產生氫氣、而陽極產生氧氣。

2.

濃　度 (N)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0	2.0
陰極氣體量(ml)	0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
陽極氣體量(ml)	0	5.0	4.9	5.1	5.0	5.1	5.0	4.9
時　間 (分秒)	∞	58'30"	33'45"	26'42"	18'40"	14'30"	10'35"	6'40"
陰極氣體產速(ml/min)	0	0.17	0.30	0.37	0.54	0.69	0.94	1.50
陽極氣體產速(ml/min)	0	0.09	0.15	0.19	0.27	0.35	0.47	0.74
陰極氣體性質	Ca (OH)$_2$ (aq) 澄清，具自燃性無助燃性——H_2							
陽極氣體性質	Ca (OH)$_2$ (aq) 澄清，具助燃性無自燃性——O_2							

3.

電　壓　(V)	0	0.25	0.75	1	1.5	2	3	5	10	25
陰極是否產生氣體 Y/N	NO	N	N	N	Yes	Y	Y	Y	Y	Y
陽極是否產生氣體 Y/N	NO	N	N	N	N	N	Yes	Y	Y	Y
陰極氣體性質	Ca (OH)$_2$ (aq) 澄清，具自燃性無助燃性——H_2									
陽極氣體性質	Ca (OH)$_2$ (aq) 澄清，具助燃性無自燃性——O_2									

㈡取非鉑、Ⅰ、Ⅱ族、及與$H_2C_2O_4$（aq）劇烈反應（自然反應）的金屬做電極，在略高電壓下電解$H_2C_2O_4$（aq），在暗處便可發現在電極板上有發光現象：直流電解在陽極發光；而交流電解則在兩極均發光。

1.適於吸收紫外線能，可見光能之非極性螢光劑，均發光。

2.

濃　度（N）	0	0.25	0.5	1
顏　　色	無	黃　綠	黃　綠	黃　綠
光度（mlux）	0	40	80	140

3.

電　壓（V）	22.5	45	90	180
光度（mlux）	0	10	80	140

4.

電　　極	Mg	A1	Zn	Cu	pt
光度（mlux）	0	140	0	120	0
備　　註	與$H_2C_2O_4$(aq)反應		與$H_2C_2O_4$(aq)反應		

六、討論

1.以鉑為電極直流電解$H_2C_2O_4$（aq）：陰極產生氣體為H_2，陽極產生氣體為O_2；又由同一時間陰陽極產生氣體比約2:1來看，則可能反應如下：

陰極：$2H_2O+2e^-\rightarrow H_2+2OH^-$

陽極：$2H_2O\rightarrow O_2+4H^++4e^-$

全反應：$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

此利用標準還原電位計算的結果，與㈠2.實驗比較十分相符。

2.電解$H_2C_2O_4$（aq）時，濃度只和氣體產速有關，和產生氣體性質無關；而以電壓作操縱變因時，產生氣體性質亦無關

3.有關$H_2C_2O_4$（aq）電解會發光確有其理論意義。又由於課本上Luminol致光實驗成本之過昂貴。故此發現應可代替課本上的實驗。

4.根據螢光劑，其發光時能釋放出達紫外線的強度，而可見光（一般看到）約黃綠色——即不加螢光劑，僅由其溶液內雜質產生螢光效應（超過10ppm）

5.$C_2O_4^{2-}$濃度愈大，發光光度愈高；電壓愈高，光度愈高

6.此次實驗誤差在於儀器，如測光計雖為電子式，但仍有±10 mlux的誤差，而分析儀器的缺乏，更使發光理論無法推出，十分可惜。

7.有關其他現象敍述如下：

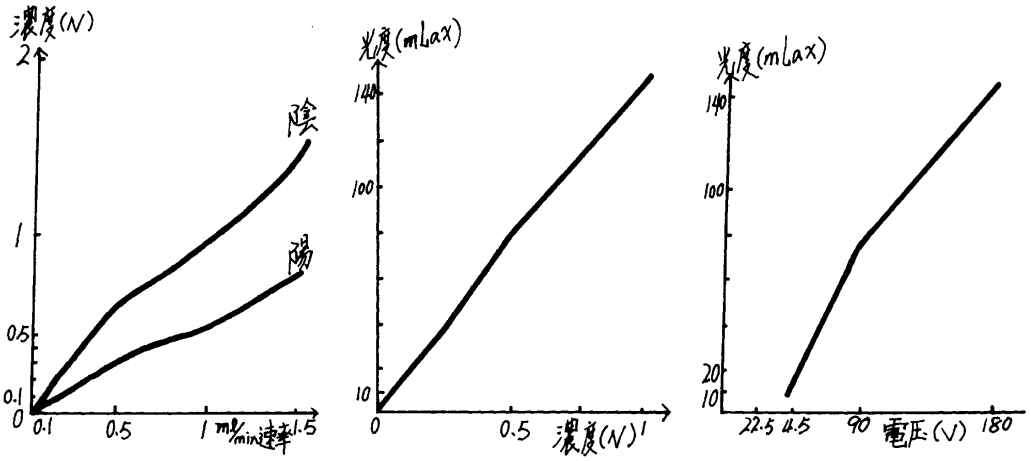
⑴只要含$C_2O_4^{2-}$的溶液在適當環境電解均能發光

⑵實驗後，陽極金屬有質量減輕現象，陰極則有增加。且在陽極金屬上產生一層物質，但不知如何分析。

⑶發光後產生氣體，除H_2，O_2外，尚有CO_2。而以鉑為電極（不發光）並無產生CO_2。

8.發光原因推論如下：

發光反應下，其電解反應部分以草酸根等電解質導電致使水電解；一方面陽極生成金屬離子並與$C_2O_4^{2-}$進行氧化還原反應——金屬離子還原，$C_2O_4^{2-}$氧化為CO_2，而能量是$C_2O_4^{2-}$氧化成CO_2時結構（如鍵能）的變化產生，經介質以光的方式釋放，而電能僅在這部分提供能量作「使反應產生」的活化能。



七、結論

1. 以鉑（Pt）為電極電解$H_2C_2O_4$（aq）時，$H_2C_2O_4$產生的離子只擔任電解稀硫酸水溶液硫酸產生離子的角色：導電用，使水電解。
2. 不同濃度、電壓，以鉑為電極電解$H_2C_2O_4$（aq），僅改變產速，產生物質不變。
3. $H_2C_2O_4$（aq）電解發光條件為：
   (1)陽極產出非Pt, Ⅰ, Ⅱ族金屬離子
   (2)含$C_2O_4^{2-}$的溶液
   (3)進行略高電壓電解反應
   (4)達到電子被激發的能量
4. 推論在電解過程中，金屬由陽極釋放出離子，並與$C_2O_4^{2-}$作用，使金屬離子還原，$C_2O_4^{2-}$氧化成CO_2，當中氧化部分放出能量，以光的型式釋放出來。
5. 此次我們瞭解到一些錯誤的概念：從前只觀察主要的電解反應，對電極放出離子及其和溶液間的關係不予注意。此次發光在電解中不僅使我們驚喜，更使我們產生概念的導正。
6. 此發光現象仍有許多可推廣之處，同時也有許多的問題待解決，盼再繼續研究下去。

八、參考資料

高中化學第二册、第三册
Luminol 致光反應實驗
電化學之原理與應用　萬其超編譯　徐氏基金會出版
物理化學（下）　科技圖書公司出版

評語

本作品為對草酸根溶液電發光現象之研究，主題頗具創新性。以高二學生之程度能獲得如此之成果殊為難得。評審委員會建議作者繼續進行有關光譜及脈衝電解之實驗，以期對本實驗之機制有進一步之瞭解，並請科展主辦單位將本作品之後續研究列入追踪輔導。