

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030211

登『糖』入『氏』-本氏液數位化了

學校名稱：金門縣立烈嶼國民中學

作者：	指導老師：
國一 洪凱倫	曾紀屏
國一 洪惟哲	歐陽嫻
國一 洪浩翔	
國二 洪道涵	

關鍵詞：本氏液、光敏電阻、葡萄糖

登『糖』入『氏』-本氏液數位化了

摘要

七年級的自然與生活科技實驗中，有許多實驗結果是利用肉眼去判別的，也常常因為每位觀察者的個人因素，而造成數據判斷錯誤或無客觀性，例如康軒版第一冊第3章活動3-2「酵素的作用」，課本只大概的告訴我們本氏液的顏色變色，但並未告知各顏色的濃度數據。為滿足我們到底有多濃的好奇心，在老師的教導下，利用硫化鎘(CdS)為材料的光敏電阻連接電源及三用電表，並以各色LED為光源照射。葡萄糖會將本氏液中的硫酸銅還原為氧化亞銅而使溶液呈紅色，進而遮蔽光而使電阻值升高，電阻值與葡萄糖濃度呈線性關係，便可提高肉眼觀察的正確率與準確率，使本氏液不但可定性更可以定量。

壹、研究動機

自然課程中曾提及葉片會進行光合作用生成葡萄糖，並轉化成多醣類化合物。經由我們攝食消化後再分解成葡萄糖，為提供人體熱量主要來源。另外，課本告訴我們如想要測定葡萄糖的存在，可以使用本氏液，且本氏液的顏色會由紅→橙→黃→綠→藍代表著葡萄糖濃度由高至低。但是並沒有提及實際是什麼濃度才會變色。因此，讓我們興起了”本氏液可不可以數位化呢？”為改進此一缺點，利用硫化鎘(CdS)為材料的光敏電阻連接電源及三用電表，並以各色LED為光源；在光照射下的電阻值較小，因反應進行後本氏液顏色會遮蔽了光對於光敏電阻的照射而導致電阻值逐漸增加。藉由測定電阻值，結果發現反應物的濃度愈高，所通過光就愈少，而測得的電阻值就會越大，彼此間呈線性關係，與肉眼測定的結果比較，準確度較高。

貳、研究目的

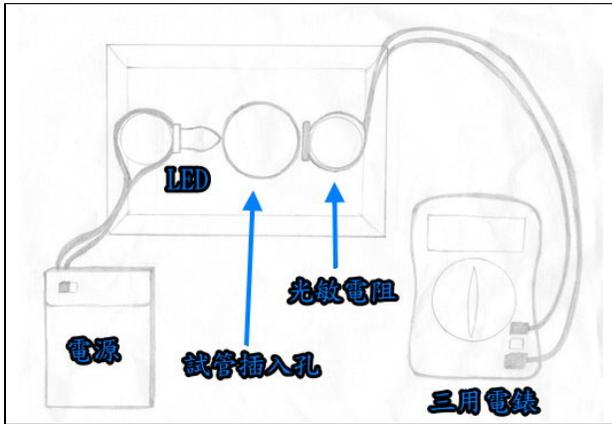
以硫化鎘為材料的光敏電阻可用於可見光範圍的探測，具有在光照時電阻值會降低，受光量下降時電阻值會增加的特性，將光敏電阻連接電源及三用電表來協助判斷葡萄糖濃度，這個實驗的目的包括：

1. 利用三用電表及光敏電阻自製葡萄糖濃度測試器。
2. 探討光源與光敏電阻距離對電阻值的關聯性。
3. 探討本氏液體積對電阻值的影響並找出較佳的本氏液反應體積。
4. 探討試管內液體高度對電阻值的關聯性。
5. 探討各色光源下葡萄糖濃度對電阻值的影響。
6. 檢驗光敏電阻可用於協助判斷葡萄糖濃度。
7. 應用自製儀器於檢驗市售汽水的葡萄糖濃度。
8. 利用改良後的葡萄2號找出儀器偵測極限。

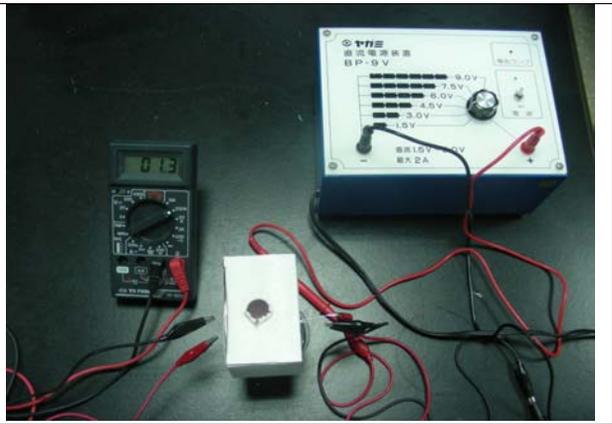
叁、實驗儀器及藥品

表1：藥品及儀器

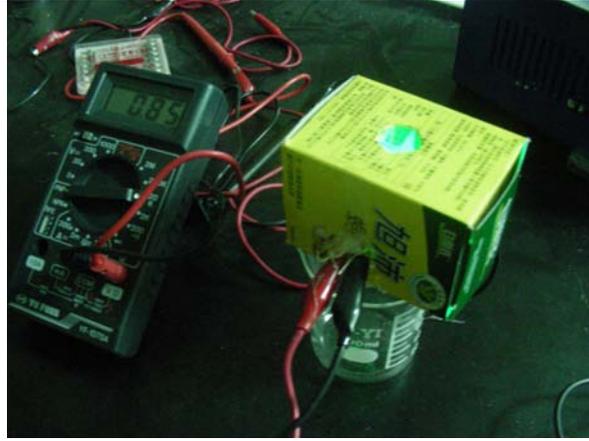
	中文名稱	化學式	規格及製備方法
1	葡萄糖	$C_6H_{12}O_6$	小島製藥
2	葡萄糖 P%=0.X%	$C_6H_{12}O_{6(aq)}$	0.X g的 $C_6H_{12}O_6$ + 水(10-0.X)ml ↓ 取上述液體2ml + 水 13ml + 本氏液 5ml
3	本氏液		
3	酒精燈		
4	三腳架		
5	滴定管		50 ml
6	電子天平		
7	光敏電阻		10Φ
8	白光LED		10Φ圓形(透明)
9	綠光LED		10Φ圓形(透明)
10	黃光LED		10Φ圓形



自製儀器模擬圖



白光葡萄糖檢測器(葡萄原型)



綠光葡萄糖檢測器(葡萄原型)



黃光葡萄糖檢測器(葡萄原型)



黃光葡萄糖檢測器(葡萄2號)內部圖

圖1：自製儀器

肆、研究步驟及方法

一、光源與光敏電阻距離對電阻值的關聯性

(一)實驗設計：

在固定濃度的葡萄糖溶液中，改變LED至光敏電阻的距離，並依次測量各距離下的電阻值，以期能找出最佳的反應距離。

- 1.操作變因：LED至光敏電阻的距離。
- 2.控制變因：葡萄糖濃度、LED顏色、葡萄糖溶液體積。
- 3.應變變因：光敏電阻的電阻值。

(二)實驗數據：

表2：距離對電阻值

距離 Cm	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
電阻 KΩ	0.42	0.52	0.60	0.68	0.78	0.84	0.89	0.99	1.07

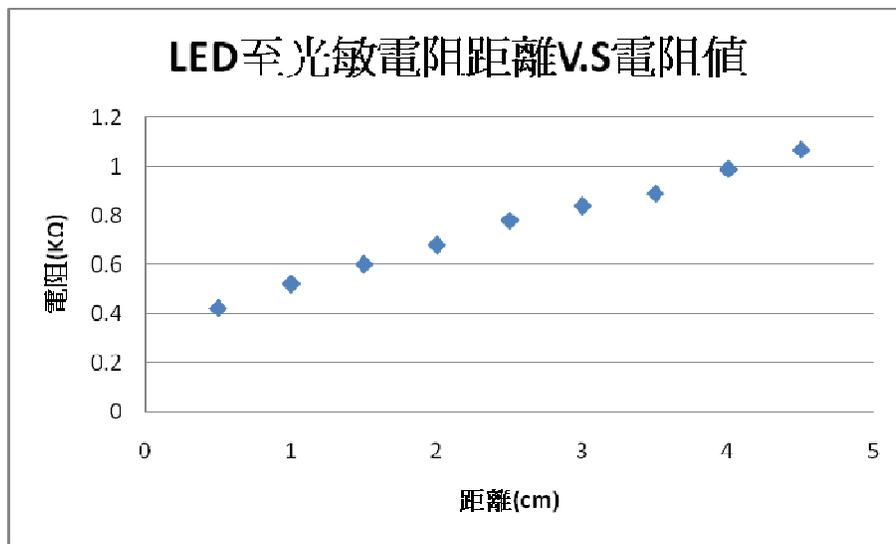


圖2

(三)結論：

由實驗數據得知，電阻值會隨著距離光源越遠電阻值越大的情形，因此，實驗時試管到LED及光敏電阻的距離應越近越好；光源也要盡量靠近待測試管，如此濃度變化而導致的亮度變化才會明顯。

二、本氏液體積對電阻值的影響

(一)實驗設計：

在固定濃度的葡萄糖溶液中，改變本氏液的體積，並固定葡萄糖溶液體積(10ml)，並依次測定各體積下光敏電阻的電阻值，以期能找出本氏液的最佳反應體積。

- 1.操作變因：本氏液的體積。
- 2.控制變因：葡萄糖濃度、LED顏色、葡萄糖溶液體積(10ml)。
- 3.應變變因：光敏電阻的電阻值。

(二)實驗數據：

1、白光LED

表3-1：白光下本氏液體積V.S.電阻值

體積 ml	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
電阻 KΩ	4.22	4.76	5.58	28	33	35	42

2、黃光LED

表3-2：黃光下本氏液體積V.S.電阻值

體積 ml	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
電阻 KΩ	92.2	170.0	266	400	744	835	900

3、綠光LED

表3-3：黃光下本氏液體積V.S.電阻值

體積 ml	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
電阻 KΩ	2.49	2.68	2.7	2.73	2.74	2.8	3.3

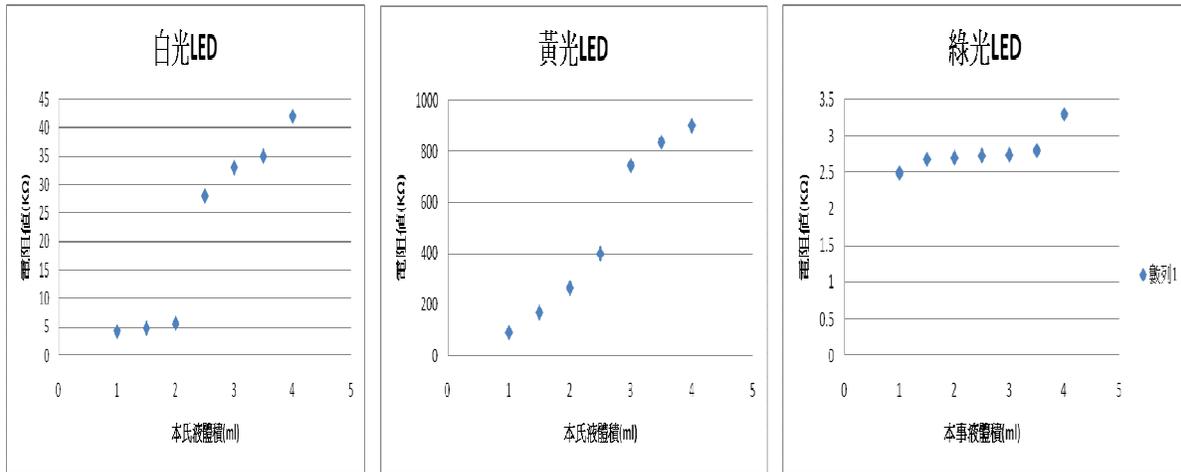


圖3

(三)結論：

經由實驗得知，本氏液的體積增加，光敏電阻的電阻值就越大，表示溶液中仍有葡萄糖與本氏液反應得到紅色氧化亞銅，因此溶液顏色變深，且大概在2.5ml處會有較大的電阻值變化。由此可以解釋之前3%較1%葡萄糖溶液顏色淡的原因，因為所加入的本氏液不夠與葡萄糖反應。此剛好與期刊所說在定量葡萄糖濃度時，需要較多本氏液以利反應完全，經由本實驗得知20ml待測液體下，本氏液的最佳體積是5ml。

三、液體高度對電阻值的關聯性

(一)實驗設計：

在固定濃度的葡萄糖溶液中，改變待測液體的高度，但固定光敏電阻至底部距離為0.5cm，並依次測量各液高下的電阻值，以期能找出最佳的反應液柱高度。

- 1.操作變因：待測液體的液柱高度。
- 2.控制變因：葡萄糖濃度、LED顏色、LED至光敏電阻的距離。
- 3.應變變因：光敏電阻的電阻值。

(二)實驗數據：

表4：液體高V.S.電阻值

液柱高 cm	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
電阻 KΩ	1.31	1.31	2.56	0.74	0.61	0.63	0.64	0.67	0.65

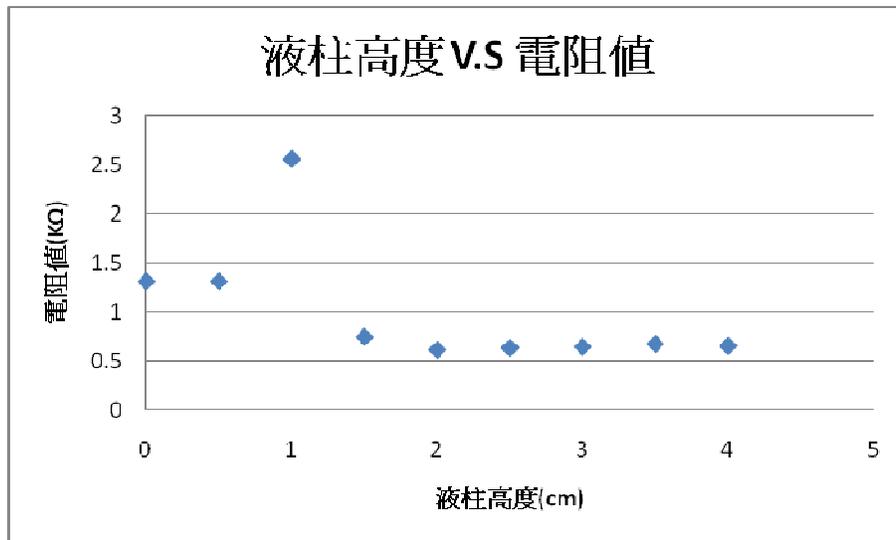


圖4

(三)結論：

由實驗數據得知，液柱高度只要比光敏電阻高3倍以上，就可以出現比較穩定的電阻值，因此，在實驗時就必須特別留意待測液體在試管中的高度，以降低液體散射的影響。

四、各色LED光下，葡萄糖濃度對電阻值的影響

(一) 實驗設計

在固定的實驗條件下，改變待測液體的葡萄糖濃度，並依次測量各濃度下的電阻值，以期能建立葡萄糖濃度對電阻值的關係。

- 1、操作變因：待測液體的濃度。
- 2、控制變因：LED顏色、LED至試管及光敏電阻的距離、液柱高度。
- 3、應變變因：光敏電阻的電阻值。
- 4、葡萄糖濃度配製：以p%=0.1為例，取0.1g 葡萄糖+加水9.9ml → 取左側溶液2ml+水13ml+本氏液5ml。(實驗假設水、葡萄糖水溶液、本氏液的密度皆為1 g/cm³)

(二)實驗數據

1、白光LED燈

表5：白光下濃度V.S.電阻值

濃度 %	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%
電阻 KΩ	6.0	6.4	7.0	8.0	8.9	11.7	12.3

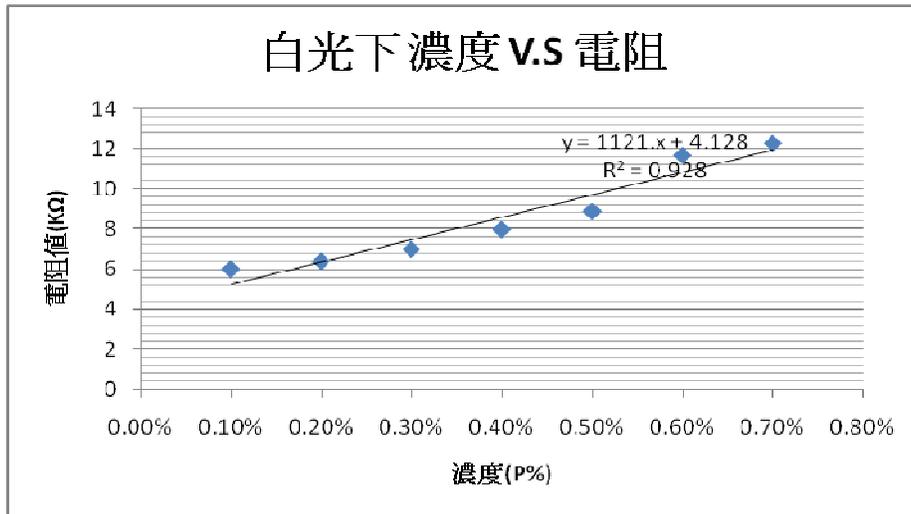


圖5

2、綠光LED燈

表6：綠光下濃度V.S.電阻值

濃度 %	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%
電阻 KΩ	3.53	5.02	6.80	8.20	9.23	10.46	11.64

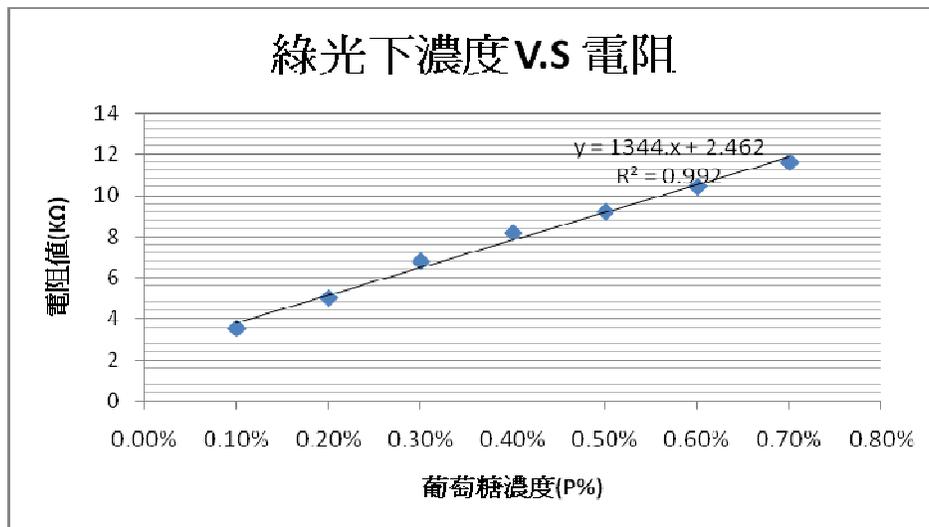


圖6

3、黃光LED燈

表7：黃光下濃度V.S.電阻值

濃度 %	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%
電阻 KΩ	0.145	0.160	0.197	0.233	0.256	0.287	0.315

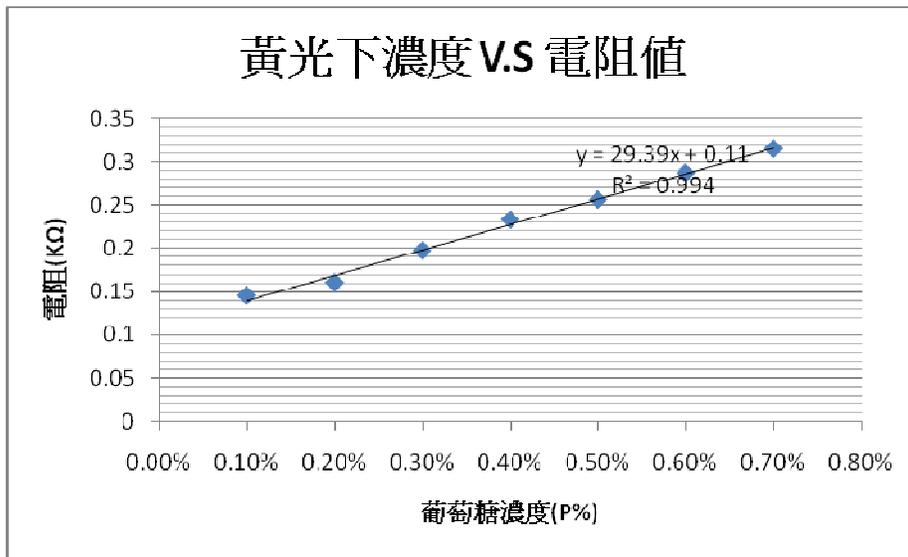


圖7

(三)結論：

由數據圖5、6、7可知，光敏電阻的電阻值與葡萄糖濃度有很好的線性關係，尤其是在黃光LED下，由 $R^2=0.994$ 可知電阻值與濃度有非常好的相關度。下面我們將利用市售的葡萄糖針劑來驗證我們的自製儀器，看看是否具有可性度。

五、黃光LED下，利用市售5%葡萄糖針劑驗證自製儀器

(一)研究設計

取市售的5%葡萄糖針劑2ml加入13ml水與5ml的本氏液，稀釋10倍配成所需的待測液體，再利用自製的葡萄糖測試器，測其電阻值。

(二)實驗數據：

表8：針劑電阻值

測試一	測試二	測試三	平均值
0.252 KΩ	0.253 KΩ	0.253 KΩ	0.253 KΩ

(三)結論

由於黃光所得到的相關度較高，因此本實驗使用黃光LED，經由實驗得到平均電阻值0.253 KΩ，及圖八中的線性回歸函數，我們可以得到X值為0.004865，所以測得的濃度值為 $0.00487 \times 10 = 4.87\%$ ；與正確值非常為相近。

六、黃光LED下，S牌汽水葡萄糖濃度檢測

(一)實驗設計

取S牌汽水1ml，加水44ml及本氏液5ml，濃度稀釋50倍後再利用黃光自製葡萄糖檢測器測量，測量電阻值。

(二)實驗數據

表9：S牌汽水光敏電阻值

測試一	測試二	測試三	平均值
0.175K Ω	0.176K Ω	0.176K Ω	0.176K Ω

(三)結論：

由黃光實驗數據平均值 0.176K Ω ，再經圖八線性方程式反推可得X值為0.00225，所以葡萄糖的濃度值為0.00225*50=11.25%，由此可推得每100ml中所含的葡萄糖為11.25g。這與成分表中的碳水化合物重量11g相近，由其添加物我們得知所謂碳水化合物可能是所謂的果糖。果糖是還原糖，因此會還原本氏液中的硫酸銅，自製檢測計由此可以得到一個小小的應用。

七、黃光LED下，自製儀器偵測極限

(一)實驗設計

各取P%=0.9%、0.8%葡萄糖溶液2ml加入10ml水與8ml的本氏液，稀釋10倍配成0.09%、0.08%待測液體，再利用自製的葡萄糖測試器(葡萄2號)，測其電阻值；並與理論值比較。

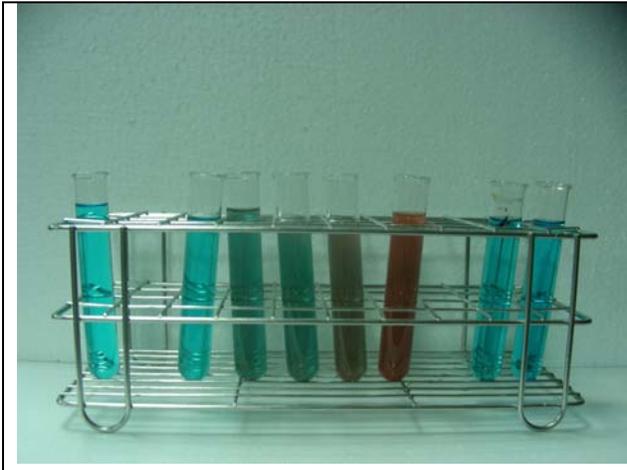


圖8：左起濃度空白、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.08%、0.09%

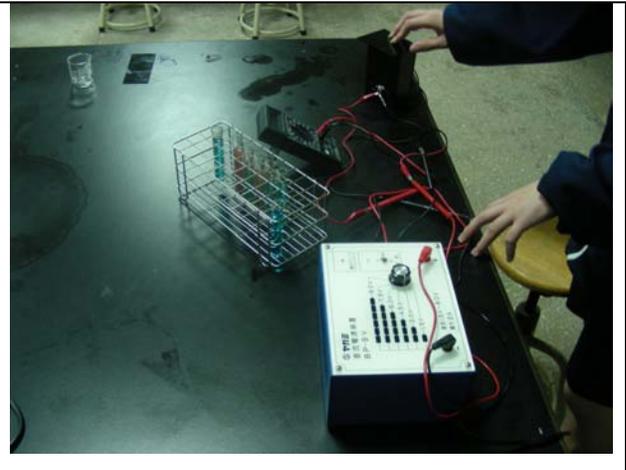


圖9

(二)實驗數據：

1、黃光LED(空白電阻值=0.058MΩ)。

表10：葡萄糖濃度電阻值

濃度 P%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%
電阻 MΩ	0.134	0.151	0.173	0.195	0.218

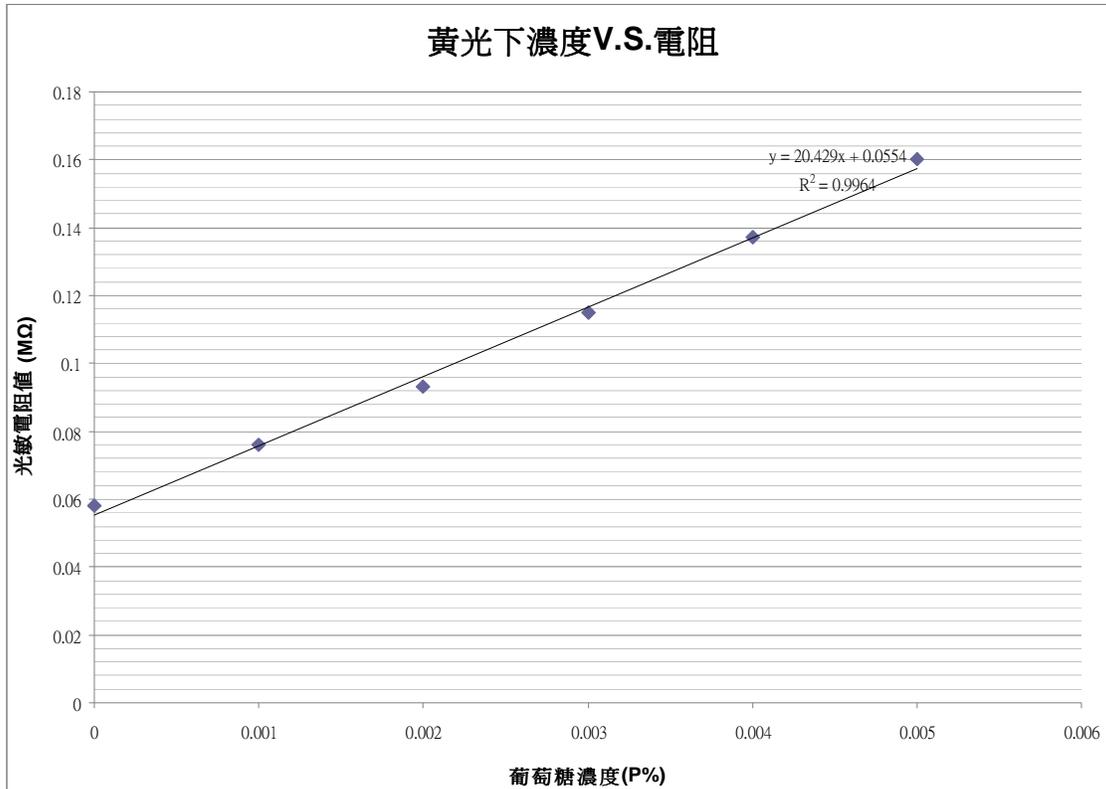


圖9

表11：理論值與實驗值比較

濃度(P%)	0.09%	0.08%
理論電阻值(MΩ)	0.073	0.071
平均實際電阻值(MΩ)	0.074	0.083

(三)結論：

經過3次實驗數據平均後，得到的兩個實驗值經圖8趨勢線反推可得 $Y=0.074 \rightarrow X=0.00091$ ，而另一數值則遠遠大於理論值 $0.071M\Omega$ ，由此可看出本儀器的偵測極限大約是 $P\%=0.09\%$ 的葡萄糖溶液。

伍、結論

- 1、光敏電阻至光源的距離要越近越好，另外，光源也要越靠近待測試管，如此濃度變化而導致的亮度變化才會明顯的反應在電阻值上。
- 2、葡萄糖會將本氏液中的硫酸銅還原成氧化銅而使本氏液變色，課本中常常討論的是葡萄糖的定性，此時本氏液的量通常不用太多，但從文獻及實驗數據中使我們了解到，如果要利用本氏液來定量葡萄糖則本氏液的量一定要足夠，否則會不夠溶液中的葡萄糖反應，顏色變化對濃度就不會有線性關係。
- 3、光敏電阻非常靈敏，常常一有晃動或液體高度不同，就會出現非常大的數據差異。實驗初期我們遭遇的問題有兩點：(1)同濃度待測液下因液柱高度不同就會有不同的電阻值；(2)同一根試管會有不同的電阻值。經過實驗及分析數據後原因如下：(1)液體會散數光源，尤其是液面，因此每次測量時液柱最好比光敏電阻的位置要高3倍以上會得到比較穩定的數據(2)試管放入檢測器時常會因為與光源的角度不同有不同的數值，而我們的解決方法，將檢測器底部與上方置入口同位置加上一試管穿出口，如此，就可以固定每次放入試管的角度。
- 4、由文獻當中我們了解本氏液具有下面的優點：
 - (1)可儲存於無色瓶中，不會遇光分解。(2)遇熱也不會反應，甚至加熱24小時之後，都不會起化學變化。(3)耐儲存，配好之後至少可以放一年不會變質。而且沒有腐蝕性。(4)對醣極為靈敏，可檢測到0.1%的尿糖，甚至到0.08%，比起菲林試劑好多了(菲林試劑必須現用現配)。我們本想利用RGB法來數位化本氏液，但是所遭遇的問題是無法處理數據，因次改利用光敏電阻來自製檢測儀器。由實驗數據我們發現儀器設計非常成功，因為不管在哪種色光下，電阻值與濃度皆有良好的線性關係。
由相關資訊我們了解光敏電阻法不適合用於高濃度的液體，因為在高濃度下易發生『陰影效應』，而低估待測液的真實濃度，因此，我們將待測液的濃度界定在0.1~0.7%。
- 5、我們利用市售的5%葡萄糖針劑稀釋10倍後測其光敏電阻，來驗證我們的自製儀器，由數據得知儀器很成功。
- 6、葡萄糖針劑成功後，我們確立了自製儀器初步成功，因此，我們利用S牌汽水做了一次小小的應用，並應證汽水中含有還原糖-果糖，而由相關資料我們得知，美國飲食品界慣用澱粉糖。將玉米澱粉水解成葡萄糖後，再利用葡萄糖異構化轉化成甜度較高的果糖與葡萄糖混和的果葡糖漿當作甜味劑。
- 7、本自製儀器在準確度已達不錯的水準，因此我們進行了數次實驗以檢測其偵測極限，得到

其偵測極限值為葡萄糖濃度 $P\%=0.09\%$ ，與本氏液發人的數值 0.08% 接近。

陸、心得

- 1、光敏電阻的靈敏度極高，試管的固定極為重要，所以我們在葡萄2號裏利用一凹槽來固定試管，效果比葡萄原型好。
- 2、實驗的過程中加熱本氏液的溫度與時間必須固定，不管濃度多少，加熱的時間一長，本氏液常呈現很渾濁的顏色(類似排泄物)。
- 3、之前失敗的RGB法數據表現，已想出可能解決的方法，希望下次能繼續在這方面研究看看。
- 4、本次實驗及須改進的地方有2點：(1)應利用分光光度計先找出待測液體的吸收光波長，如此實驗應可以更完美、快速。(2)藥品的使用量較大，下次可以嘗試微量偵測。
- 5、離島的材料取得不易，常常讓我們停擺等待材料或藥品，希望下次能提早準備及規劃。

柒、參考文獻

- 1.自然與生活科技課本1上(2008)
- 2.阿簡生物筆記<http://a-chien.blogspot.com/>
- 3.黃琳育等，“真的「甲」不了----自製模組式微型化學裝置測定溶液中甲醇的含量”，第43屆中小學科學展覽會 高中組 化學科。
- 4.湯又明等，“快快快看誰反應快-利用光敏電阻測定反應速率”，中華民國第四十七屆中小學科學展覽會 國中組 化學科。
- 5.Benedict, S. R., “A REAGENT FOR THE DETECTION OF REDUCING SUGARS,” The Journal of Biological Chemistry, 6, 485-487, 1908.

【評語】 030211

利用光敏電阻來數位化實驗數據，稍有創意，能自製器材作為測量工具，值得嘉許，說明書內容多處描述有誤宜修改，圖 9 數據有誤；資料的呈現精確度宜再改進。