

嘉義市第 37 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：化學

組 別：國小組

作品名稱：“膠”我玩電“凍”嘛！

關 鍵 詞：膠體、導電、指示劑（最多三個）

編 號：

“膠”我玩電“凍”嘛！

摘要

本實驗藉由LED燈泡及三用電錶來觀測不同膠體混合物之導電性，意外發現試驗中在膠體內加入天然指示劑，通電後會發生部分色變反應。加入天然指示劑後，觀察於不同條件下（不同電壓、不同溫度）的電位差（電位損耗量），進而比較討論樣品的導電性。

研究結果發現發現（1）各膠體混合物通電後其皆可導電。（2）在通入不同電壓（3V、6V）後各膠體混合物消耗電位皆不多（3）在不同溫度條件下，各膠體混合物內的電位非定值；洋菜、吉利丁膠體遇熱後導電性變較好，樹薯粉膠體遇熱後其黏稠度會有所改變，產生部分硬化，消耗的電位能較多，導電性變得較差。（4）各膠體混合物通電後，兩極附近顏色會因加入天然指示劑產生變化。

壹、研究動機：

小學六上自然與生活科技領域中有電磁鐵實驗，在尋找資料的過程中我們發現非牛頓流體與果凍等膠體的特性好特別，在好奇心的驅動下，我們嘗試將兩電極插入非牛頓流體與果凍等膠體內，並使用發光二極體LED燈泡（Light Emitting Diode-發光二極體）觀察其是否會導電。接著我們也嘗試將各試驗物品加入天然指示劑，進行不同條件的試驗與觀察記錄。

貳、研究目的：

- 一、利用LED燈泡及回收物（玻璃器皿或塑膠杯等），設計「簡易」的「導電性」檢測裝置，測量膠體混合物的導電性。
- 二、觀察並記錄在不同條件（電壓、溫度）影響下，通電中各膠體的兩電極變化情形。
- 三、驗證天然酸鹼指示劑在膠體物體中的可行性。

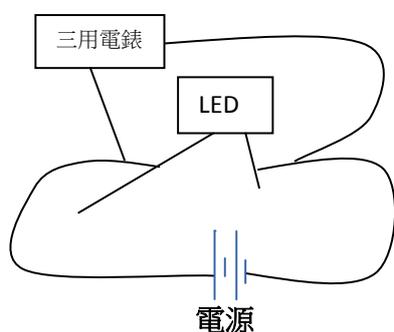
參、研究設備及器材

一、實驗器材與物品：

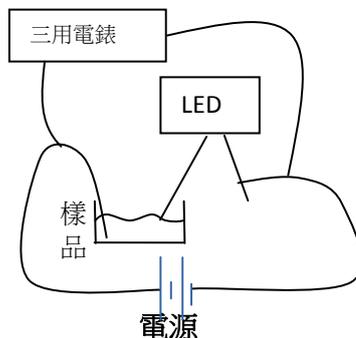
- （一）物品：吉利丁 10g、瓊脂（洋菜）10 g、樹薯粉 400 g、洛神花瓣 6 瓣（約 2g）、薑黃 1g、地瓜葉 40g、蝶豆花 約 2g、紫葡萄 20 顆（約 150g）、黑豆 30 顆。
- （二）器材：LED燈（30mil）、電池（1.5V）數顆、導線、電子磅秤、三用電錶、器皿、溫度計、卡式爐（加熱用）

二、實驗裝置的示意圖：

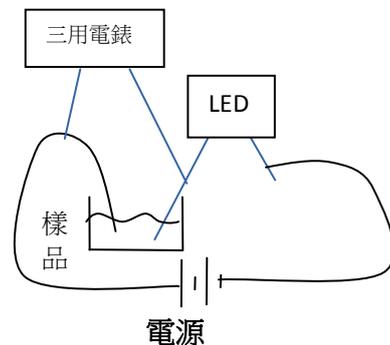
（一）電路一



（二）電路二



（三）電路三



肆、研究過程或方法

一、分別在自選的凝膠體 A₁₋₈ (洋菜果凍)、B₁₋₈ (吉利丁膠體)、C₁₋₈ (樹薯粉膠體) 中接通電路 (電壓 3V)，觀察是否導電 (LED 燈泡亮度)：

(一) 【自製染色樣品】

將十三朵乾燥洛神花瓣放入 300mL 水中煮沸約 10 分鐘，取 45mL 裝瓶備用；將約 1g 薑黃粉泡入 60mL 水中攪拌均勻後，取 45mL 裝瓶備用；將 40g 地瓜葉絞碎後放入 300mL 水中煮沸約 10 分鐘，取 45mL 裝瓶備用；將十三朵乾燥蝶豆花瓣放入 300mL 水中煮沸約 10 分鐘，取 45mL 裝瓶備用；將 30 顆黑豆放入 300mL 水中煮沸約 10 分鐘後，取 45mL 裝瓶備用；將 23 顆(約 150g) 紫葡萄絞碎後放入 300mL 水中煮沸約 10 分鐘，取 45mL 裝瓶備用。

(二) 分別以 10g 洋菜粉加入 1100mL 水、10 g 吉利丁粉加入 700mL 水、400g 樹薯粉加入 300mL 水，製成膠體溶液，分裝成 A 類(洋菜膠體)7 瓶、B 類(吉利丁膠體)7 瓶、C 類(樹薯粉膠體)7 瓶，每瓶各 30mL。

(三) 在各瓶膠體溶液(30mL)中，分別加入自製染色樣品各 15mL：洛神花瓣液 15 mL、薑黃液 15 mL、地瓜葉液 15 mL、蝶豆花瓣液 15 mL、黑豆水 15 mL、紫葡萄液 15 mL、白開水 15mL，均勻攪拌。

A₁ (加入洛神花瓣液)、A₂ (加入薑黃液)、A₃ (加入地瓜葉液)、

A₄ (加入蝶豆花瓣液)、A₅ (加入黑豆水)、A₆ (加入紫葡萄)、A₇ (對照組)

B₁ (加入洛神花瓣液)、B₂ (加入薑黃液)、B₃ (加入地瓜葉液)、

B₄ (加入蝶豆花瓣液)、B₅ (加入黑豆水)、B₆ (加入紫葡萄)、B₇ (對照組)

C₁ (加入洛神花瓣液)、C₂ (加入薑黃液)、C₃ (加入地瓜葉液)、

C₄ (加入蝶豆花瓣液)、C₅ (加入黑豆水)、C₆ (加入紫葡萄)、C₇ (對照組)

二、【實驗 1】以 3V 直流電源、LED 燈泡接通上述示意圖「電路一」的電路，測試 LED 燈泡是否有異常。再將 A(洋菜膠體)、B(吉利丁膠體)、C(樹薯粉膠體) 三類膠體溶液各接成上述示意圖「電路二」的電路，以各樣品溶液與 LED 燈泡串接，觀察 LED 燈泡是否發亮而判斷各樣品溶液的導電性，將觀察結果記錄在〈表 1〉。

三、【實驗 2】在不同電壓下觀察凝膠體 A₁₋₇ (洋菜果凍)、B₁₋₇ (吉利丁膠體)、C₁₋₇ (樹薯粉膠體) 的電位差改變情形，觀察記錄於〈表 2-1〉、〈表 2-2〉、〈表 2-3〉。

(一) 分別在凝膠體 A₁₋₇ (洋菜膠體)、B₁₋₇ (吉利丁膠體)、C₁₋₇ (樹薯粉膠體) 中通入 3V 與 6V 電壓

(二) 使用三用電錶，量測凝膠體 A₁₋₇、B₁₋₇、C₁₋₇ 兩電極電位。

(三) 觀察記錄耗損電位差 ΔV 。

四、【實驗 3】比較凝膠體 A₁₋₇ (洋菜膠體)、B₁₋₇ (吉利丁膠體)、C₁₋₇ (樹薯粉膠體) 在不同溫度的狀態下其導電情形(通過各膠體最小初始電壓)，並記錄於〈表 3-1〉、〈表 3-2〉、〈表 3-3〉。

(一) 凝膠體 A₁₋₇ (洋菜膠體)、B₁₋₇ (吉利丁膠體)、C₁₋₇ (樹薯粉膠體) 隔水加熱，以溫度計檢視溫度變化。

(二) 分別在 20~30°C、40~50°C 及 70~80°C 時插入電極，接成迴路。

(三) 觀察記錄通過各膠體最小初始電壓的改變情形。

五、【實驗4】觀察通電不同時間後各樣品膠體A₁₋₇（洋菜膠體）、B₁₋₇（吉利丁膠體）、C₁₋₇（樹薯粉膠體）兩極色變情形。

- (一) 分別以鐵湯匙或鐵製美工刀片為兩極放入A、B、C三類膠體溶液中。
- (二) 分別觀察通電50分鐘、100分鐘、150分鐘後各樣本膠體兩及顏色是否發生改變。
- (三) 觀察兩極顏色情形並記錄在〈表4-1〉、〈表4-2〉、〈表4-3〉，再探討可能原因。

伍、研究結果

一、【實驗1】：膠體A₁₋₇（洋菜膠體）、B₁₋₇（吉利丁膠體）、C₁₋₇（樹薯粉膠體）中接通電路，導電情形之比較（觀察LED燈泡是否發亮）

〈表1〉 導入3V電壓，觀察各樣品膠體溶液導電性					
洋菜膠體		吉利丁膠體		樹薯粉膠體	
					
A ₁ 加洛神花瓣液	LED 燈泡會亮	B ₁ 加洛神花瓣液	LED 燈泡會亮	C ₁ 加洛神花瓣液	LED 燈泡會亮
					
A ₂ 加薑黃液	LED 燈泡會亮	B ₂ 加薑黃液	LED 燈泡會亮	C ₂ 加薑黃液	LED 燈泡會亮
					
A ₃ 加地瓜葉液	LED 燈泡會亮	B ₃ 加地瓜葉液	LED 燈泡會亮	C ₃ 加地瓜葉液	LED 燈泡會亮
					
A ₄ 加蝶豆花瓣液	LED 燈泡會亮	B ₄ 加蝶豆花瓣液	LED 燈泡會亮	C ₄ 加蝶豆花瓣液	LED 燈泡會亮

					
A₅ 加入黑豆水	LED 燈泡會亮	B₅ 加入黑豆水	LED 燈泡會亮	C₅ 加入黑豆水	LED 燈泡會亮
					
A₆ 加入紫葡萄	LED 燈泡會亮	B₆ 加入紫葡萄	A₁ 加洛神 花瓣液	C₆ 加入紫葡萄	B₁ 加洛神花瓣 液
					
A₇ 對照組	LED 燈泡會亮	B₇ 對照組	LED 燈泡會亮	C₇ 對照組	LED 燈泡會亮

二、【實驗 2】：在不同電壓(3V/6V)下各樣品膠體的電位差改變情形。

備註： V_1 為串連 2 顆 1.5 V 電池、LED 燈泡後 LED 燈泡兩側之電位量測值；

V_2 為串連 2 顆 1.5V 電池、LED 燈泡及各膠體後之總電路電位量測值；

V_3 為串連 2 顆 1.5V 電池、LED 燈泡及各膠體後各膠體兩側的電位量測值；

V'_1 為串連 4 顆 1.5V 電池、LED 燈泡後 LED 燈泡兩側之電位量測值；

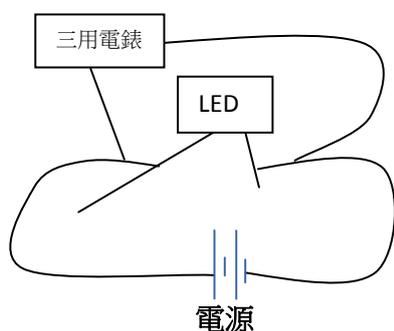
V'_2 為串連 4 顆 1.5V 電池、LED 燈泡及各膠體後之總電路電位量測值；

V'_3 為串連 4 顆 1.5V 電池、LED 燈泡及各膠體後各膠體兩側的電位量測值；

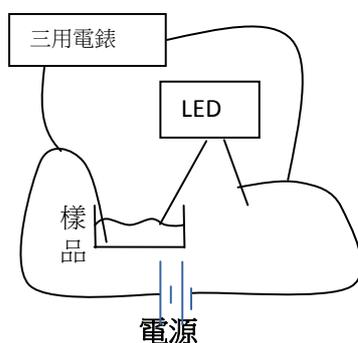
$\Delta V = V_2 - V_1$ (3V 電壓通路後，各膠體電位改變量)；

$\Delta V' = V'_2 - V'_1$ (6V 電壓通路後，各膠體電位改變量)。

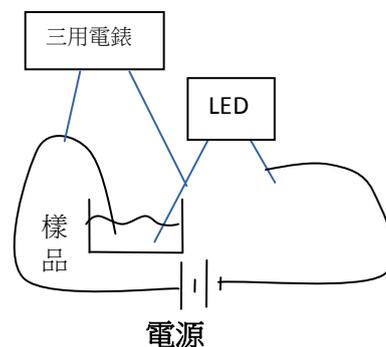
(一) 電路一



(二) 電路二



(三) 電路三



〈表 2-1〉 室溫下導入不同電壓串接 LED 與樣品膠體 電位改變情形

樣品	洋菜膠體 A							
	電壓 3 V				電壓 6 V			
	V_1	V_2	V_3	ΔV	V'_1	V'_2	V'_3	$\Delta V'$
A ₁ (加洛神花瓣液)	3.01	3.03	0.48	0.02	4.88	5.77	2.98	0.89
A ₂ (加薑黃液)	2.93	3.04	0.41	0.11	4.89	5.78	3.01	0.89
A ₃ (加地瓜葉液)	2.98	3.02	0.45	0.04	4.92	5.75	2.94	0.83
A ₄ (加蝶豆花瓣液)	2.94	3.01	0.46	0.07	4.83	5.70	3.01	0.87
A ₅ (加入黑豆水)	3.02	3.04	0.38	0.02	4.79	5.71	2.94	0.92
A ₆ (加入紫葡萄)	3.03	3.04	0.42	0.01	4.78	5.75	2.91	0.97
A ₇ (對照組)	3.03	3.05	0.46	0.02	4.88	5.76	2.99	0.88

〈表 2-2〉 室溫下導入不同電壓串接 LED 與樣品膠體 電位改變情形								
樣品	吉利丁膠體 B							
電壓	電壓 3 V				電壓 6 V			
	V ₁	V ₂	V ₃	ΔV	V' ₁	V' ₂	V' ₃	ΔV'
B ₁ (加洛神花瓣液)	3.03	3.06	0.49	0.03	4.78	5.71	2.96	0.93
B ₂ (加薑黃液)	3.04	3.06	0.42	0.02	4.78	5.77	2.94	0.99
B ₃ (加地瓜葉液)	3.01	3.06	0.55	0.05	4.77	5.80	2.95	1.03
B ₄ (加蝶豆花瓣液)	3.01	3.06	0.43	0.05	4.78	5.76	3.02	0.98
B ₅ (加入黑豆水)	2.98	3.06	0.45	0.08	4.79	5.81	3.00	1.02
B ₆ (加入紫葡萄)	3.04	3.06	0.41	0.02	4.77	5.81	2.96	1.04
B ₇ (對照組)	3.04	3.06	0.50	0.02	4.78	5.82	3.03	1.04

備註：V₁ 為串連 2 顆 1.5 V 電池、LED 燈泡後 LED 燈泡兩側之電位量測值；
V₂ 為串連 2 顆 1.5V 電池、LED 燈泡及各膠體後之總電路電位量測值；
V₃ 為串連 2 顆 1.5V 電池、LED 燈泡及各膠體後各膠體兩側的電位量測值；
V'₁ 為串連 4 顆 1.5V 電池、LED 燈泡後 LED 燈泡兩側之電位量測值；
V'₂ 為串連 4 顆 1.5V 電池、LED 燈泡及各膠體後之總電路電位量測值；
V'₃ 為串連 4 顆 1.5V 電池、LED 燈泡及各膠體後各膠體兩側的電位量測值；
ΔV = V₂ - V₁ (3V 電壓通路後，各膠體電位改變量)；
ΔV' = V'₂ - V'₁ (6V 電壓通路後，各膠體電位改變量)。

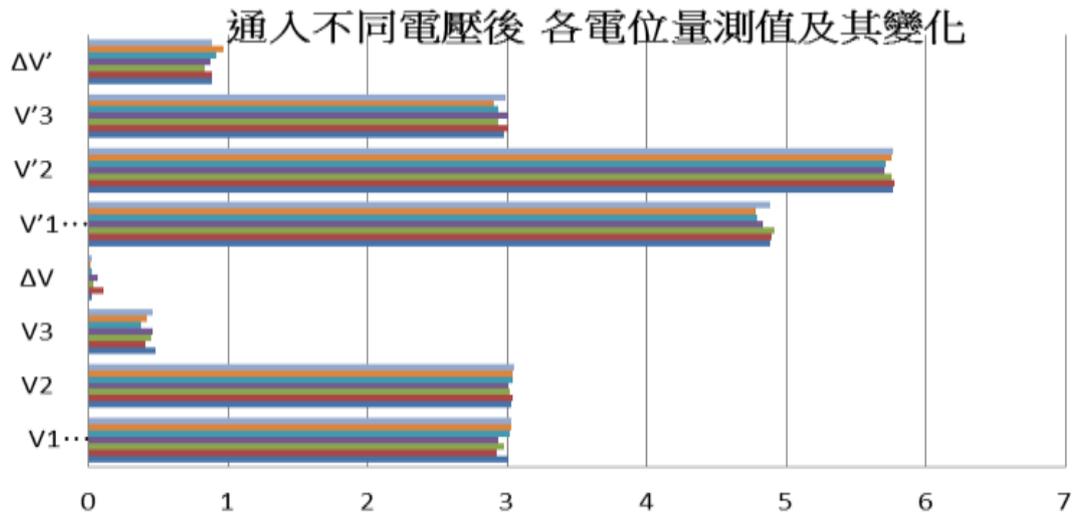
〈表 2-3〉 室溫下導入不同電壓串接 LED 與樣品膠體 電位改變情形								
樣品	樹薯粉膠體 C							
電壓	電壓 3 V				電壓 6 V			
	V ₁	V ₂	V ₃	ΔV	V' ₁	V' ₂	V' ₃	ΔV'
C ₁ (加洛神花瓣液)	2.95	2.96	0.36	0.01	4.70	5.84	3.03	1.14
C ₂ (加薑黃液)	2.83	2.89	0.33	0.06	4.80	5.84	3.04	1.04
C ₃ (加地瓜葉液)	2.91	2.92	0.40	0.01	4.93	5.81	3.05	0.88
C ₄ (加蝶豆花瓣液)	2.90	2.93	0.38	0.03	4.79	5.78	3.01	0.99
C ₅ (加入黑豆水)	2.92	2.94	0.44	0.02	4.81	5.80	3.02	0.99
C ₆ (加入紫葡萄)	2.94	2.96	0.29	0.02	4.68	5.78	2.95	1.10
C ₇ (對照組)	2.94	2.96	0.36	0.02	4.63	5.81	3.08	1.18

三、【實驗 3】：膠體A1~7（洋菜膠體）、B1~7（吉利丁膠體）、C1~7（樹薯粉膠體）
 在不同溫度下接通電路，通過各膠體的初始電位變化情形之比較

〈表 3-1〉 通入 3V 電壓，改變不同溫度 通過各膠體電位改變情形			
膠體	洋菜膠體 A		
溫度	20~30°C (室溫)	40~50°C	70~80°C
過膠體電壓	通過膠體 A 電壓(V)		
A ₁ (加洛神花瓣液)	0.48	0.41	0.35
A ₂ (加薑黃液)	0.41	0.39	0.35
A ₃ (加地瓜葉液)	0.45	0.40	0.37
A ₄ (加蝶豆花瓣液)	0.43	0.36	0.34
A ₅ (加入黑豆水)	0.38	0.35	0.33
A ₆ (加入紫葡萄)	0.42	0.38	0.39
A ₇ (對照組)	0.46	0.41	0.37

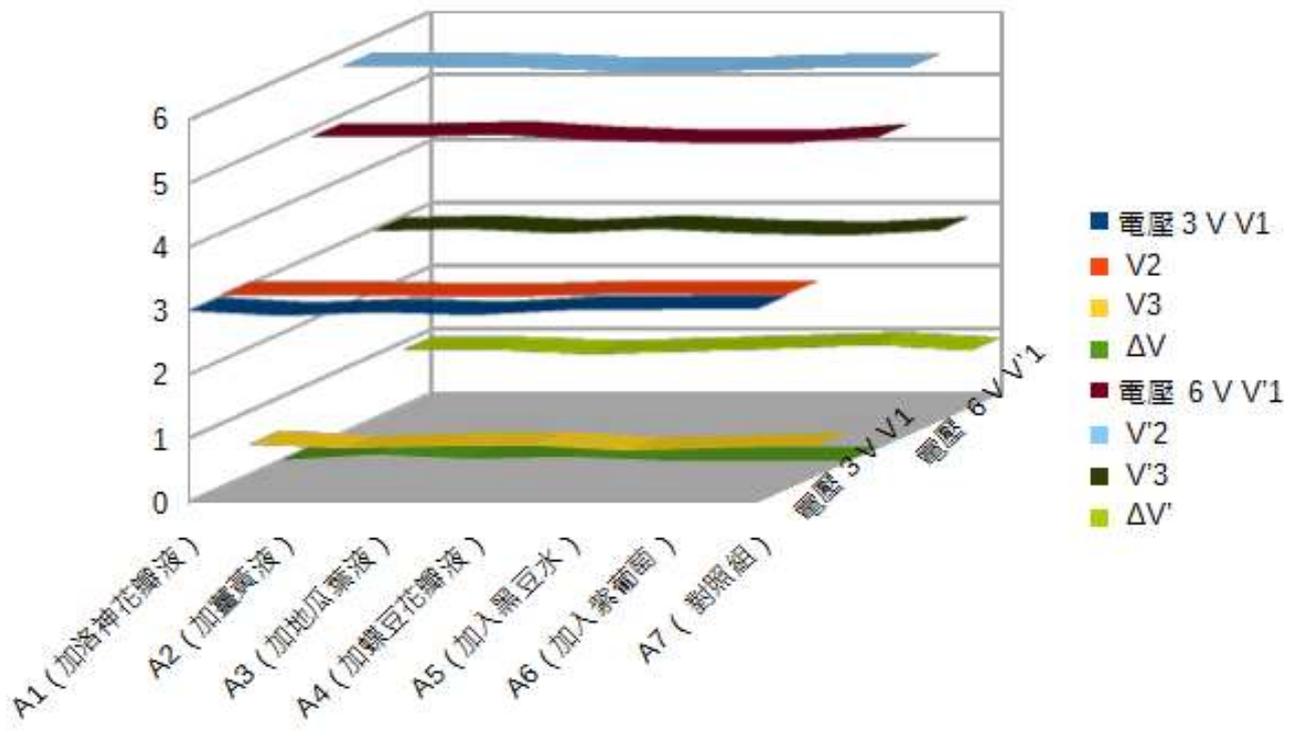
〈表 3-2〉 通入 3V 電壓，改變不同溫度 通過各膠體電位改變情形			
膠體	吉利丁膠體 B		
溫度	20~30°C (室溫)	40~50°C	70~80°C
過膠體電壓	通過膠體 B 電壓(V)		
B ₁ (加洛神花瓣液)	0.49	0.35	0.29
B ₂ (加薑黃液)	0.42	0.38	0.32
B ₃ (加地瓜葉液)	0.55	0.38	0.36
B ₄ (加蝶豆花瓣液)	0.46	0.35	0.32
B ₅ (加入黑豆水)	0.45	0.36	0.41
B ₆ (加入紫葡萄)	0.41	0.38	0.30
B ₇ (對照組)	0.50	0.41	0.30

〈表 3-3〉 通入 3V 電壓，改變不同溫度 通過各膠體電位改變情形			
膠體	樹薯粉膠體 C		
溫度	20~30°C (室溫)	40~50°C	70~80°C
過膠體電壓	通過膠體 C 電壓(V)		
C ₁ (加洛神花瓣液)	0.36	0.45	0.36
C ₂ (加薑黃液)	0.33	0.53	0.41
C ₃ (加地瓜葉液)	0.40	0.44	0.44
C ₄ (加蝶豆花瓣液)	0.38	0.43	0.42
C ₅ (加入黑豆水)	0.44	0.46	0.44
C ₆ (加入紫葡萄)	0.29	0.44	0.41
C ₇ (對照組)	0.36	0.48	0.47

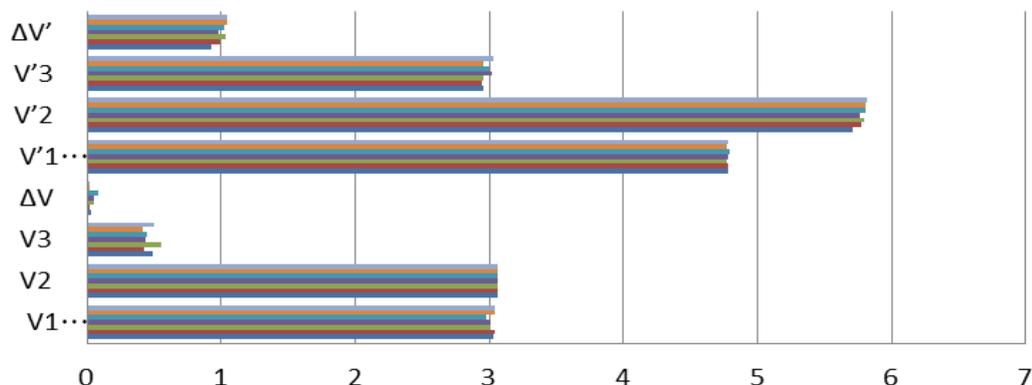


	電壓 3 V				電壓 6 V			
	V1	V2	V3	ΔV	V'1	V'2	V'3	ΔV'
A7 (對照組)	3.03	3.05	0.46	0.02	4.88	5.76	2.99	0.88
A6 (加入紫葡萄)	3.03	3.04	0.42	0.01	4.78	5.75	2.91	0.97
A5 (加入黑豆水)	3.02	3.04	0.38	0.02	4.79	5.71	2.94	0.92
A4 (加蝶豆花瓣液)	2.94	3.01	0.46	0.07	4.83	5.7	3.01	0.87
A3 (加地瓜葉液)	2.98	3.02	0.45	0.04	4.92	5.75	2.94	0.83
A2 (加薑黃液)	2.93	3.04	0.41	0.11	4.89	5.78	3.01	0.89
A1 (加洛神花瓣液)	3.01	3.03	0.48	0.02	4.88	5.77	2.98	0.89

(圖 2-1) 不同電壓下膠體 A (洋菜凝膠) 電位差改變情形

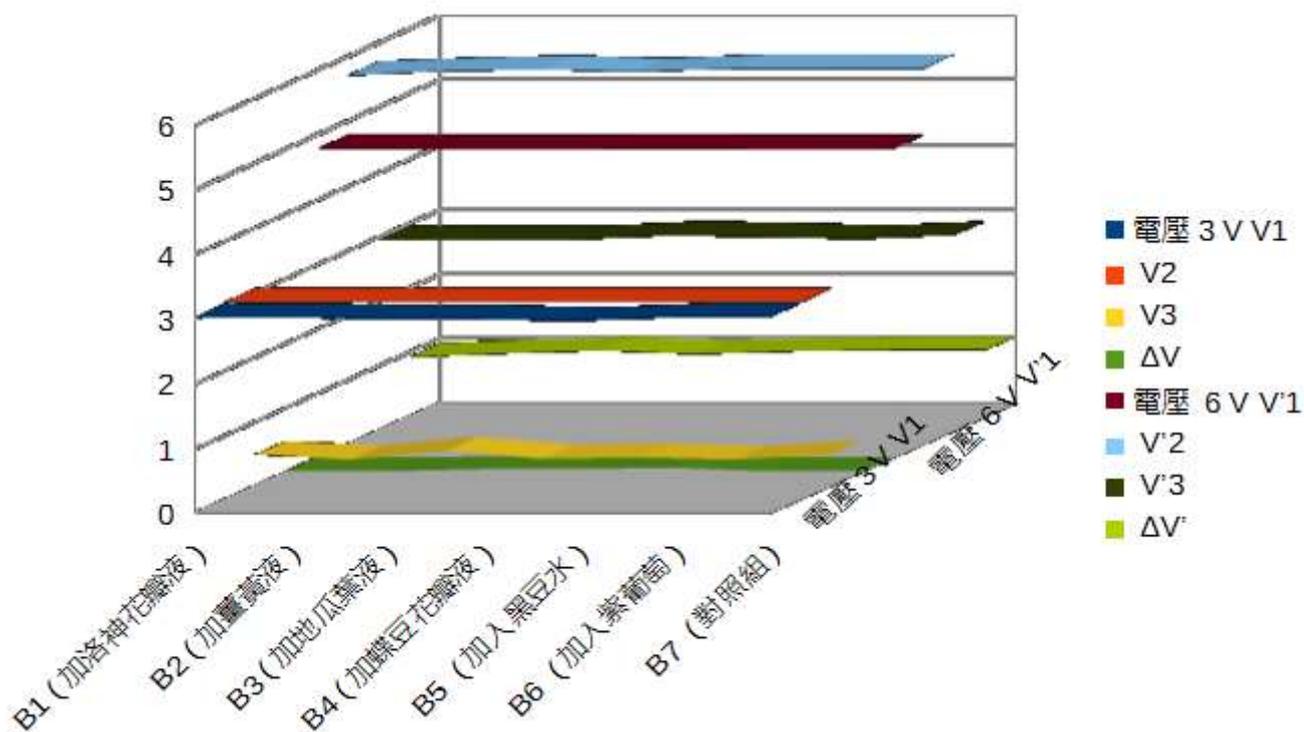


通入不同電壓後 各電位量測值及其變化

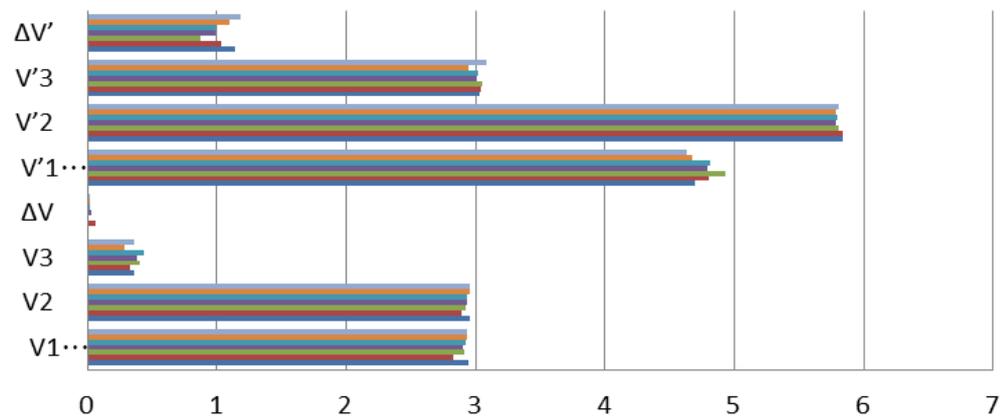


	電壓3V				電壓6V			
	V1	V2	V3	ΔV	V'1	V'2	V'3	ΔV'
■ B7 (對照組)	3.04	3.06	0.5	0.02	4.78	5.82	3.03	1.04
■ B6 (加入紫葡萄)	3.04	3.06	0.41	0.02	4.77	5.81	2.96	1.04
■ B5 (加入黑豆水)	2.98	3.06	0.45	0.08	4.79	5.81	3	1.02
■ B4 (加蝶豆花瓣液)	3.01	3.06	0.43	0.05	4.78	5.76	3.02	0.98
■ B3 (加地瓜葉液)	3.01	3.06	0.55	0.05	4.77	5.8	2.95	1.03
■ B2 (加薑黃液)	3.04	3.06	0.42	0.02	4.78	5.77	2.94	0.99
■ B1 (加洛神花瓣液)	3.03	3.06	0.49	0.03	4.78	5.71	2.96	0.93

(圖 2-2) 不同電壓下膠體 B (吉利丁膠體) 電位差改變情形

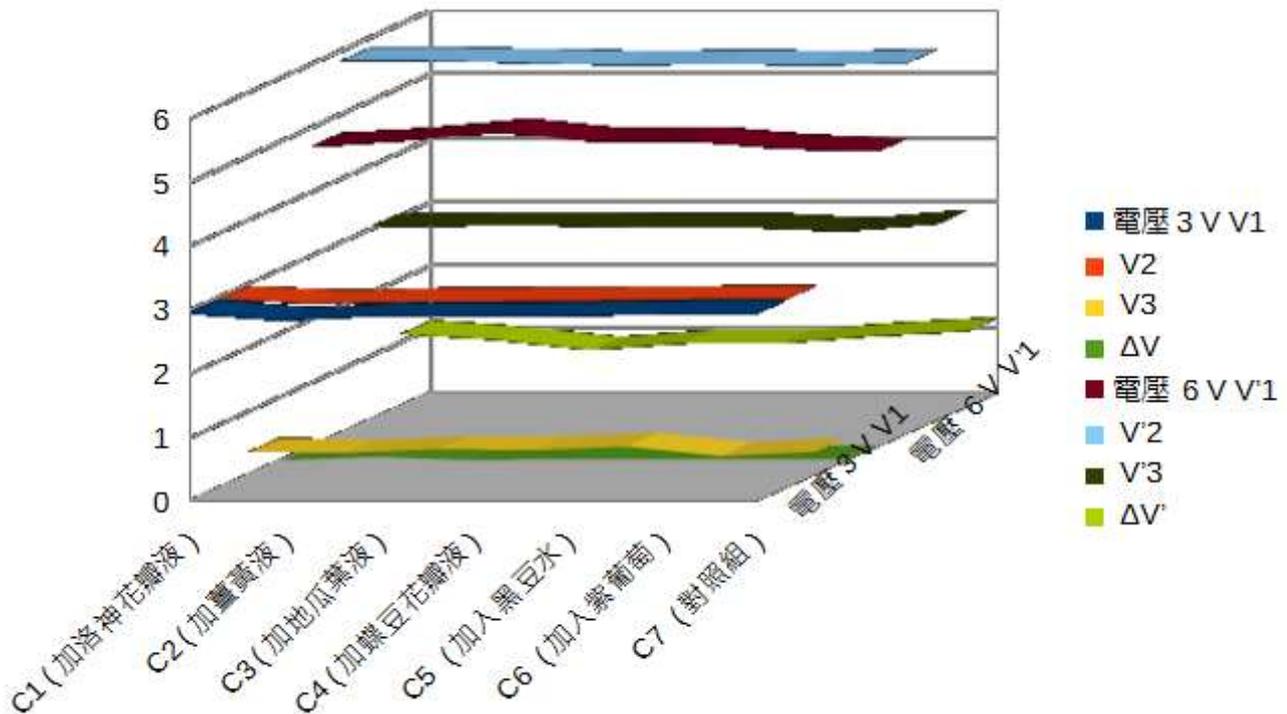


通入不同電壓後 各電位量測值及其變化

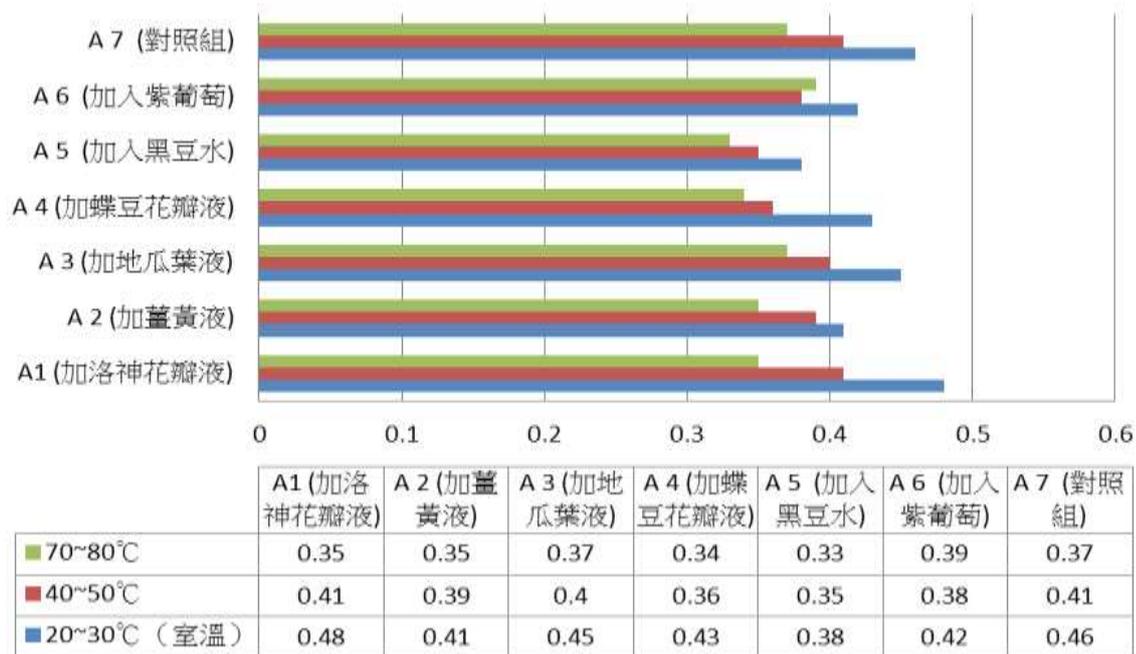


	電壓3V				電壓6V			
	V1	V2	V3	ΔV	V'1	V'2	V'3	ΔV'
■ C7 (對照組)	2.94	2.96	0.36	0.02	4.63	5.81	3.08	1.18
■ C6 (加入紫葡萄)	2.94	2.96	0.29	0.02	4.68	5.78	2.95	1.1
■ C5 (加入黑豆水)	2.92	2.94	0.44	0.02	4.81	5.8	3.02	0.99
■ C4 (加蝶豆花瓣液)	2.9	2.93	0.38	0.03	4.79	5.78	3.01	0.99
■ C3 (加地瓜葉液)	2.91	2.92	0.4	0.01	4.93	5.81	3.05	0.88
■ C2 (加薑黃液)	2.83	2.89	0.33	0.06	4.8	5.84	3.04	1.04
■ C1 (加洛神花瓣液)	2.95	2.96	0.36	0.01	4.7	5.84	3.03	1.14

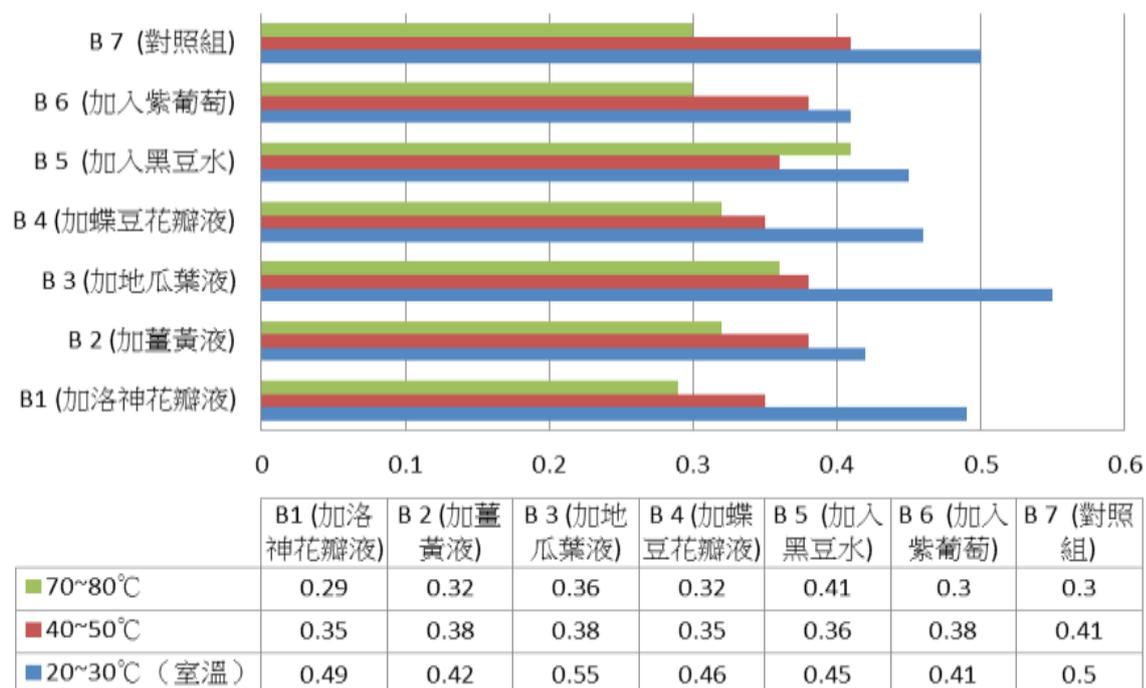
(圖 2-3) 不同電壓下膠體 C (樹薯粉膠體) 電位差改變情形



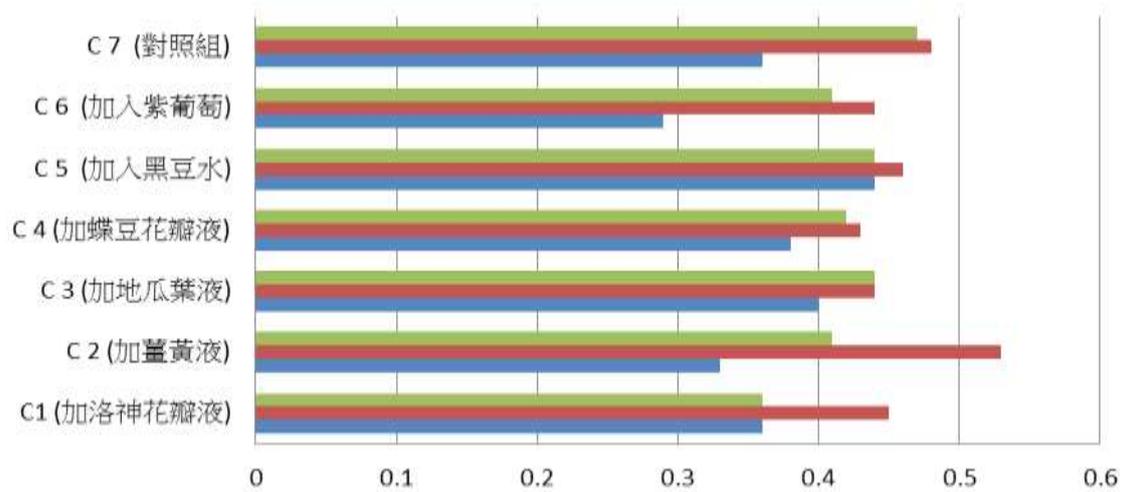
(圖3-1) 通入3V電壓，改變不同溫度
通過膠體A(洋菜膠體)電位改變情形



(圖3-2) 通入3V電壓，改變不同溫度
通過膠體B(吉利丁膠體)電位改變情形



(圖3-3) 通入3V電壓，改變不同溫度
通過膠體C(樹薯粉膠體)電位改變情形



	C1 (加洛神花瓣液)	C2 (加薑黃液)	C3 (加地瓜葉液)	C4 (加蝶豆花瓣液)	C5 (加入黑豆水)	C6 (加入紫葡萄)	C7 (對照組)
70~80°C	0.36	0.41	0.44	0.42	0.44	0.41	0.47
40~50°C	0.45	0.53	0.44	0.43	0.46	0.44	0.48
20~30°C (室溫)	0.36	0.33	0.4	0.38	0.44	0.29	0.36

四、【實驗 4】：在不同通電時間後，各膠體A₁₋₇（洋菜膠體）、
B₁₋₇（吉利丁膠體）、C₁₋₇（樹薯粉膠體）兩電極附近顏色變化
之情形

〈表 4-1〉 在不同通電時間後 各膠體 兩電極附近顏色變化之情形

洋菜膠體 A			
樣品	通電 50 分鐘後	通電 100 分鐘後	通電 150 分鐘後
A ₁ (加洛神花瓣液)			
A ₂ (加薑黃液)			
A ₃ (加地瓜葉液)			
A ₄ (加蝶豆花瓣液)			
A ₅ (加入黑豆水)			
A ₆ (加入紫葡萄)			
A ₇ (對照組)			

〈表 4-2〉 在不同通電時間後 各膠體 兩電極附近顏色變化之情形

吉利丁膠體 B

樣品	通電 50 分鐘後	通電 100 分鐘後	通電 150 分鐘後
B ₁ (加洛神花瓣液)			
B ₂ (加薑黃液)			
B ₃ (加地瓜葉液)			
B ₄ (加蝶豆花瓣液)			
B ₅ (加入黑豆水)			
B ₆ (加入紫葡萄)			
B ₇ (對照組)			

〈表 4-3〉 在不同通電時間後 各膠體 兩電極附近顏色變化之情形

樹薯粉膠體 C

樣品	通電 50 分鐘後	通電 100 分鐘後	通電 150 分鐘後
C ₁ (加洛神花瓣液)			
C ₂ (加薑黃液)			
C ₃ (加地瓜葉液)			
C ₄ (加蝶豆花瓣液)			
C ₅ (加入黑豆水)			
C ₆ (加入紫葡萄)			
C ₇ (對照組)			

陸、討論

- 一、以膠體A₁₋₈（洋菜果凍）、B₁₋₈（吉利丁膠體）和 C₁₋₈（樹薯粉膠體）當介質皆可形成通路，得知膠體混合物為導體。相同電壓時各樣品樣品組觀測到的LED燈泡明亮差異不大，故以三用電錶量測各膠體兩極端的電位改變。
- 二、通入電壓後，電壓越大，燈泡越亮，卻容易使LED燈泡燒毀。
- 三、洋菜膠體、吉利丁膠體會因為溫度的提升而呈現較液化的膠體溶液，但樹薯粉凝膠黏稠度卻增大，當溫度達到 70°C-80°C 時樹薯粉膠體會發生固體結塊。實驗前猜測各樣品溫度會隨實驗時間增長而下降，考量量測不易，所以採溫度範圍內（range 10°C）來量測；實驗後發現膠體內的溫度未如實驗前所猜測，膠體的降溫速度不快。
- 四、考量實驗過程中操作的便利性與安全，以隔水加熱加溫各膠體樣品，同時加熱不同膠體，再分別取出量測各膠體兩側的電位。量測過程中（表 2-1、2-2、2-3）發現樣品膠體的部分電位改變，一開始我們猜測是否增加的電位來自各樣品膠體的蓄電能力（電動勢），但在多次試驗與量測後，發現膠體電位的變化較相似電路中的電阻，會消耗部分電位能，非所猜測的電容裝置。
- 五、在測量洋菜、吉利丁、樹薯粉膠體電位差改變情形（表 3-1、3-2、3-3）時發現三用電錶上的數值約在 0.3-0.6V；測量電位差改變情形時發現三用電錶上的數值常是變動且持續、緩慢的增加，因此我們嘗試將一開始測量到的電壓（最小初始電壓）記錄下來。
- 六、在【實驗三】後，數據資料顯示當膠體A（洋菜膠體）、B（吉利丁膠體）在較高溫時，通過膠體兩側電壓值有下降的趨勢，而膠體C（樹薯粉膠體）在約 40-50°C 時測得的電壓較大。
- 七、銅線等導體一般情況下多有正「電阻溫度係數」，當溫度愈高時，電線導電性會變差（電阻變大）；而絕緣體或半導體之類卻有負的「電阻溫度係數」，使得溫度高時絕緣效果變差（電阻變小）。但在本實驗中發現洋菜、吉利丁等膠體導電性並無明顯改變，而樹薯粉凝膠卻較明顯電阻增大，導電性下降。因此，我們推論本實驗樣品的導電性部份需考慮液化後膠體中電解質的解離程度
- 八、加入洛神花汁液的膠體在負極遇到OH⁻離子顏色會呈現暗綠色，正極處顏色則偏紅。加入薑黃液的膠體在負極遇到OH⁻離子顏色會呈現橘紅色，正極處顏色則偏土黃色。加入地瓜葉液的膠體在負極顏色偏黃綠色，正極處則出現墨綠色黏稠結塊物。加入蝶豆花液的膠體在負極呈現墨綠色有白色泡沫物，正極則出現咖啡色懸浮物。加入黑豆液的膠體在負極呈現墨綠色且有白色泡沫物，正極則顏色偏紅褐色。加入葡萄液的膠體在負極呈現墨綠色或有白色泡沫物，正極則顏色偏紫紅色。
- 九、各膠體在通電後較容易液化，樹薯粉膠體則容易分層（上層為較清澈液體）。通電 150 分鐘後可以發現膠體中離子似乎有「電泳」的現象，在電極處出現似「電鍍」的物質沉澱物，所以試驗後的果凍等膠體不宜食用。

柒、結論

- 一、洋菜膠體、吉利丁膠體及樹薯粉膠體在穩定電場作用下，帶電的分散粒子會在膠體中發生移動的現象，有「導電性」，可以從LED燈泡觀察測量出。
- 二、膠體是電的導體，但也有一定的電阻，會消耗電位能。
- 三、「溫度」可使膠體液化或結塊，對洋菜、吉利丁膠體的導電性影響較小，而樹薯粉膠體因溫度上升會結塊其導電性則下降。
- 四、洋菜、吉利丁與樹薯粉膠體因加入部分天然指示劑，以較低電壓（3V）通入後，可以觀察到在正極處因電解物「酸性H⁺離子」、負極「鹼性OH⁻離子」會使膠體分別發生色變。膠體中離子會沉積在兩電極上。

捌、參考資料及其他

- 一、歐姆定律：導電體兩端的電壓與通過導電體的電流成正比，以方程式表示：

$$V=IR$$

- 二、電泳(electrophoresis, EP)：帶電顆粒在勻強電場作用下，分散粒子向著與其電性相反的電極移動的現象；因個物質在介質中的移動速率不同，故可以「電泳」來分離物質。
- 三、凝膠電泳：常運用於分離不同物理性質（如大小、形狀、等電點等）的分子，如於測序DNA或檢測免疫印跡前的分子分離提純事宜。
- 四、生物化學實驗原理和方法（李建武等合編，1999），藝軒圖書出版社。
- 五、台師大物理系物理教學示範實驗教室（Feb., 2019）
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/>
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/Demolab/>
- 六、電鍍（維基百科，March, 2019）<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E9%95%80>
- 七、電泳（維基百科，Feb., 2019）
<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%94%B5%E6%B3%B3#.E5.8E.9F.E7.90.86>
- 八、電泳型式的演進（Feb., 2019）：<http://juang.bst.ntu.edu.tw/Protein/Analysis/A3.htm>
- 九、凝膠電泳（維基百科，Feb., 2019）
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%87%9D%E8%86%A0%E9%9B%BB%E6%B3%B3>
- 十、電阻（維基百科，April, 2014）：<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%9B%BB%E9%98%BB>
- 十一、溫度係數（維基百科，Feb., 2019）：
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%BA%AB%E5%BA%A6%E4%BF%82%E6%95%B8>
- 十二、科學Online（高瞻自然科學教學資源平台，Feb., 2019）：
<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=4902>
- 十三、生活化學（Feb., 2019）：<https://www.lifechem.tw/blog/170803>
- 十四、酸鹼指示劑（Mar., 2019）：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%85%B8%E7%A2%B1%E6%8C%87%E7%A4%BA%E5%89%82>