

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030814

蘋果奇幻世界中的畫筆—我看見了觸控

學校名稱：新北市立福和國民中學

作者：	指導老師：
國二 簡伯宸	簡千田
國二 祁孝慈	丁亦男
國二 丁咨尹	

關鍵詞：iPad、觸控、電漿球

摘要：

目前市面上最夯的產品莫過於**蘋果公司**的 iPad 或 iPhone 了，使用者用**手指**去觸控著螢幕，而這動作似乎漸漸成為一種風潮，成為一種流行又時尚的肢體動作。然而，如何在螢幕上書寫或繪圖呢？只能用手指？好看嗎？**蘋果公司**公司並沒有**隨附觸控筆**。所以，我們特別用了一些家中常見的材料去自製**價廉且實用**的觸控筆，而且，由於材料的取得方便，一般人也可製作，如此就可大大提升 iPad 等這類平板電腦的功能了。另外，iPad 螢幕為電容式觸控螢幕，其原理就是表面電流的流出(流入)，所以我們也利用有類似原理的電漿球來模擬 iPad 螢幕，從中找到共同點，並從其中電子軌跡的變化**看見了觸控**，甚至以電漿球代替 iPad 進行實驗，延伸了此實驗的廣度，也為實驗增添一些意料之外的趣味性。

壹、 研究動機：

使用 iPad 時，一般是用手指在面板上滑動或點選各項功能(之後均稱為**觸控**)，這種方式雖然方便，但一碰上需要書寫或繪圖時，手指寫出來的字或畫出的圖就顯得不好看。我們覺得如果能有一支觸控筆能在面板上書寫，將可提升其性能與便利性。所以我們決定從探討 iPad 面板原理著手，看看其原理是否與電流相關，先從金屬和電解質中尋找適合的材料再逐步延伸推廣。當然，我們希望的材料來源是從日常生活中取得，最後能自製出合適的觸控筆。

貳、 研究目的：

- 一、探討 iPad 之觸控原理，瞭解能做為觸控材料者之必要條件。
- 二、尋找可直接在 iPad 面板上觸控的材質，且為日常可見並具有延伸、加工性質者。
- 三、以現有材質自製出低價且環保的觸控筆，並與市售的觸控筆比較其製作成本、售價與實用性。
- 四、以電漿球模擬 iPad 面板，觀察並找出其共通性與原理。

參、 研究設備及儀器：

iPad 一台、電漿球、三用電表、游標尺、不鏽鋼筷、鋁箔、原子筆、金屬筆桿、鉛筆(木材端)、剪刀 1 把、保鮮膜、木漿棉、乾淨菜瓜布黃色海綿(與使用過的各 1)、除塵布手套纖維條、糖果包裝紙、廚房紙巾、影印紙、**蘋果**、地瓜、橘子、葉子、香蕉皮、高麗菜葉、小番茄、各式棉花棒、茶、酒精及數種鹽類水溶液、市售觸控筆*2。

肆、 研究過程或方法：

一、 測試各材料在不沾水的狀況下，能否在 iPad 上點選或繪圖。使用材料如下表：

編號	1	2	3	4	5	6	7
材料	木漿棉 (乾燥)	海棉(新)	海綿(舊)	除塵布	糖果包 裝紙	廚房紙 巾	影印紙

編號	8	9	10	11	12	13
材料	蘋果	地瓜	橘子	葉片	香蕉皮	高麗菜葉

編號	14	15	16	17	18
材料	小番茄	原子筆	不鏽鋼筷	鋁箔(尖端)	鋁箔(面狀)

圖片如下



1.木漿棉



2.海棉(新)



3.海棉(舊)



4.除塵布條



5.包裝紙



6.廚房紙巾



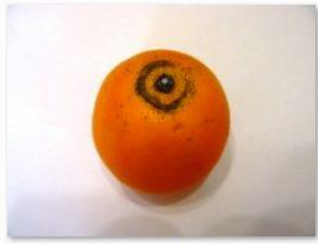
7.影印紙



8.蘋果



9.地瓜



10.橘子



11.葉片



12.香蕉皮



13.高麗菜葉



14.小番茄



15.不鏽鋼筷



16.原子筆



17.鋁箔(尖)



18.鋁箔(面)

二、 測試各材料沾水後能否在 iPad 上點選或繪圖，使用材料與研究過程一中的材料部分相同，如下表：圖同上 1、2、3、4、6、15、16

編號	1	2	3	4	5	6	7
材料	木漿棉	海棉(新)	海綿(舊)	除塵布	廚房紙巾	不鏽鋼筷	原子筆

三、 測試各式棉花棒在乾燥時、沾水、食鹽水、硝酸鉀、氯化鉀、氯化鎂、烏龍茶與酒精時，能否觸控 iPad。實驗方法如表列：共八種試劑，每種試劑各做四種實驗

(一)以紙軸小棉花棒沾表格內試劑，並多次在 iPad 上點選或滑動

編號	1	2	3	4
沾取試劑名稱	不沾(乾燥)	水	茶汁	酒精
手持棉花棒上端				
手碰下方棉球				
棉花棒包捲鋁箔				
手碰下方棉球且人體絕緣				

編號	5	6	7	8
沾取試劑名稱	食鹽水溶液	硝酸鉀水溶液	氯化鉀水溶液	氯化鎂水溶液
手持棉花棒上端				
手碰下方棉球				
棉花棒包捲鋁箔				
手碰下方棉球且人體絕緣				

(二)以木軸小棉花棒、木軸大棉花棒、木軸特大棉花棒重複以上實驗。各實驗材料及藥品如下圖。



水溶液1



水溶液2



各式棉花棒

四、以絕緣的原子筆(抽出筆心)插入橘子(或蘋果、番茄中)中，手持原子筆並以橘子碰觸螢幕，觀察是否能觸控螢幕？如右圖

編號	1	2	3
原子筆插入材料	蘋果	橘子	小番茄



原子筆插入橘子

五、測試手指與螢幕間是否要完全接觸才能觸控或繪圖：

- (一)在手指和螢幕之間墊著影印紙，一起滑動並觀察螢幕變化。
- (二)增加紙張數，由 0 到多張(可測試手指與螢幕距離)。過程如下圖
- (三)以游標尺測量 500 張影印紙的厚度，求出每張影印紙的平均厚度。



手指直接觸控



手指下墊紙張

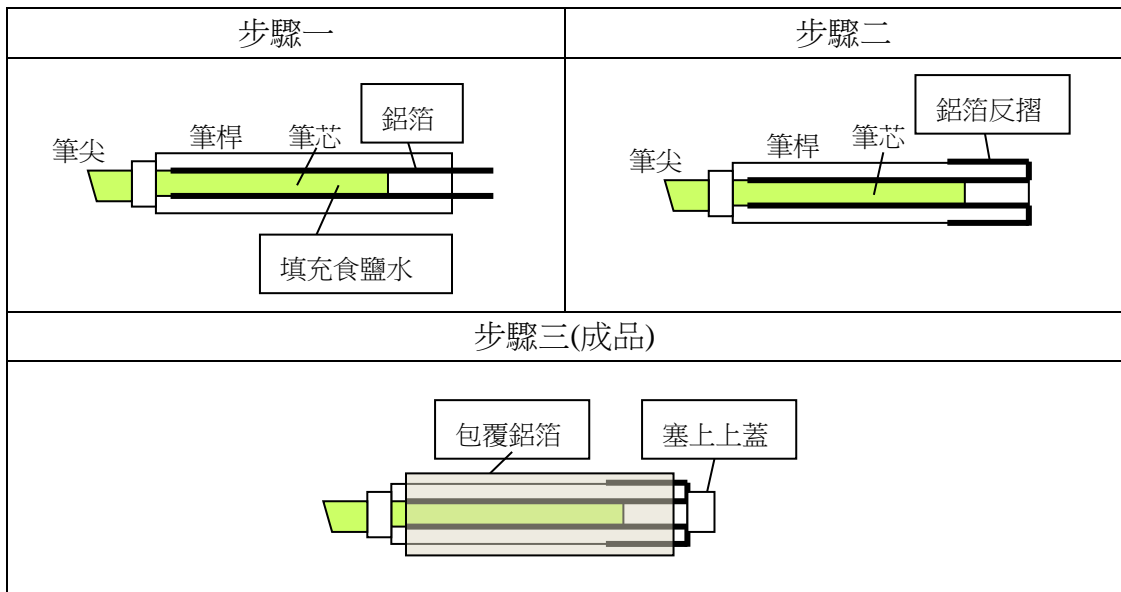
六、製作螢幕觸控筆：

- (一)第一種模型：選擇由實驗一、二中可點選螢幕的材料，取塑膠外殼原子筆、鉛筆(木

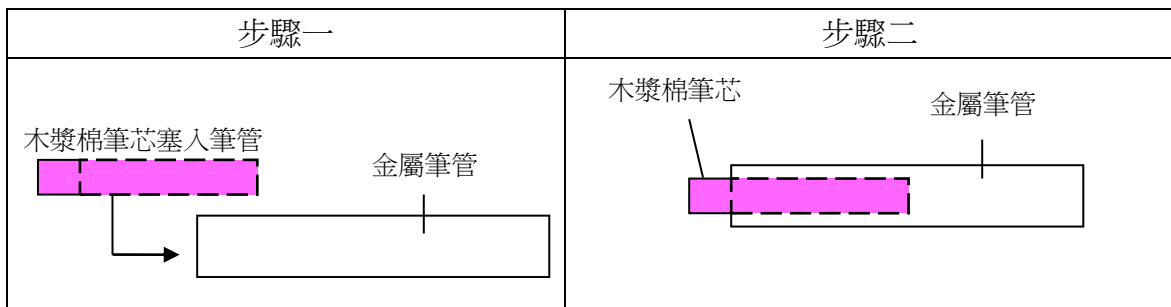
頭端)、不鏽鋼筷、包覆鋁箔原子筆、金屬筆刀筆桿等，並將材料分別包在筆或筷子的一端。如下圖：



(二) 第二種模型：將用完的簽字筆或螢光筆泡水直至顏料完全褪去，以鋁箔包覆筆芯並將鋁箔反摺出再以另一張鋁箔包覆筆桿，將筆桿、筆芯、筆尖組裝好後，以食鹽水注入簽字筆筆芯中(以食鹽水代替墨水)。製作過程如下圖：



(三) 第三種模型：以金屬筆桿來製作，將原子筆芯拔掉，改將木漿棉(長：5 cm 寬：5 cm 厚：0.5cm)捲成筆芯，筆桿中塞入木漿棉並留約 1cm 在筆桿外，組裝過程如下圖：



- (四) 以手持三種自製觸控筆分別在 iPad 螢幕上書寫及觸控，並比較其便利性與適用性。
- (五) 觀察市售觸控筆(*2)之外觀、構造，查出各部份的材料與功能。

品名	筆桿形狀	筆桿材料	筆頭材料	筆頭形狀	觸控效果
3M 電容式觸控筆					
BESON 電容式觸控筆					

- (六) 分別比較自製觸控筆與市售觸控筆之觸控功能、適用性與價格(如表列)。

品名	筆桿形狀	筆桿材料	筆頭材料	筆頭形狀	製作	觸控效果	成本或售價
第一模型							
第二模型							
第三模型							
3M 電容式觸控筆							
BESON 電容式觸控筆							

七、 改裝第三種模型(金屬筆桿加木漿棉)：

- (一) 將筆桿改為一般塑膠原子筆桿，木漿棉捲成筆芯塞入筆桿中並留約 1cm 長在筆桿外。



大塊木漿棉+原子筆桿



小塊木漿棉+原子筆桿

- (二) 比較金屬筆桿與塑膠筆桿中如果塞入不同尺寸的木漿棉，是否影響觸控能力。



金屬筆桿+大木漿棉



金屬筆桿+小木漿棉

八、 比較 iPad 螢幕與電漿球的相似處：

(一)以手指觸摸電漿球，觀察球中發光的電子軌跡。

(二)以各種材料觸碰電漿球，比較與手指觸控的差異，我們選用的材料有三類：

1. 日常生活中的材料：

材料編號	1	2	3	4	5	6	7	8
材料	木漿棉	蘋果	橘子	小番茄	原子筆	不鏽鋼筷	鋁箔(尖端)	鋁箔(面狀)

實驗圖形如下



2. 棉花棒沾取電解質，方法如列表：

編號	1	2	3	4
沾取試劑名稱	不沾(乾燥)	水	茶汁	酒精
手持棉花棒上端				
手碰下方棉球				
棉花棒包捲鋁箔				
手碰下方棉球且人體絕緣				

編號	5	6	7	8
沾取試劑名稱	食鹽水溶液	硝酸鉀水溶液	氯化鉀水溶液	氯化鎂水溶液
手持棉花棒上端				
手碰下方棉球				
棉花棒包捲鋁箔				
手碰下方棉球且人體絕緣				

實驗圖形如下：



(三)以自製的觸控筆與市售觸控筆分別碰觸電漿球，並比較與手指碰觸時的差異。

編號	1	2	3	4	5
觸控筆名稱	第一種模型	第二種模型	第三種模型	3M 電容式觸控筆	BESON 電容式觸控筆

九、在 iPad 上和電漿球上模擬多點觸控：

- (一) 先以一支手指觸碰電漿球，觀察現象；再以兩支手指同時觸碰電漿球，觀察現象；最後以兩支手指在球上做開合動作，觀察球中電子軌跡。實驗操作如下圖：
- (二) 手持兩支觸控筆，重覆上述動作。實驗操作如下圖：
- (三) 以一支手指和一支觸控筆重覆上述動作。實驗操作如下圖：
- (四) 改以 iPad 操作上述動作。

伍、研究結果：

一、測試各材料在**不沾水**的狀況下能否在 iPad 上點選或繪圖：經多次實驗結果如下表：

編號	1	2	3	4	5	6	7
材料	木漿棉(乾燥)	新海棉	舊海綿	除塵布	包裝紙	廚房紙巾	影印紙
觸控性	否	否	否	否	可	否	否

編號	8	9	10	11	12	13	14
材料	蘋果	地瓜	橘子	葉片	香蕉皮	高麗菜	小番茄
觸控性	可	可	可	可	可	可	可

材料編號	15	16	17	18
材料	原子筆	不鏽鋼筷	鋁箔(尖端)	鋁箔(面狀)
觸控性	否	否	否	是

二、測試各材料在沾水的狀況下能否在 iPad 上點選或繪圖，結果如下表

編號	1	2	3	4	5	6	7
材料	木漿棉	海棉(新)	海綿(舊)	除塵布	廚房紙巾	不鏽鋼筷	原子筆
觸控性	可	否	可	可	否	否	否

三、測試棉花棒乾燥時、沾水或沾食鹽水、硝酸鉀、氯化鉀、氯化鎂、烏龍茶與酒精時，能否在 iPad 上點選或滑動。

(一)紙軸小棉花棒：

編號	1	2	3	4
沾取試劑名稱	不沾(乾燥)	水	烏龍茶	酒精
手持棉花棒上端	否	否	時可時否	否
手碰下方棉球	否	否	可	否
棉花棒包捲鋁箔	否	否	可	否
手碰下方棉球且人體絕緣	否	否	可	否

編號	5	6	7	8
沾取試劑名稱	食鹽水溶液	硝酸鉀水溶液	氯化鉀水溶液	氯化鎂水溶液
手持棉花棒上端	時可時否	時可時否	時可時否	時可時否
手碰下方棉球	可	可	可	可
棉花棒包捲鋁箔	可	可	可	可
手碰下方棉球且人體絕緣	可	可	可	可

(二)木軸小棉花棒

編號	1	2	3	4
沾取試劑名稱	不沾(乾燥)	水	烏龍茶	酒精
手持棉花棒上端	否	否	時可時否	否
手碰下方棉球	否	否	可	否
棉花棒包捲鋁箔	否	否	可	否
手碰下方棉球且人體絕緣	否	否	可	否

編號	5	6	7	8
沾取試劑名稱	食鹽水溶液	硝酸鉀水溶液	氯化鉀水溶液	氯化鎂水溶液
手持棉花棒上端	時可時否	時可時否	時可時否	時可時否
手碰下方棉球	可	可	可	可

棉花棒包捲鋁箔	可	可	可	可
手碰下方棉球且人體絕緣	可	可	可	可

(三)木軸大棉花棒

編號	1	2	3	4
沾取試劑名稱	不沾(乾燥)	水	烏龍茶	酒精
手持棉花棒上端	否	否	可	否
手碰下方棉球	否	否	可	否
棉花棒包捲鋁箔	否	否	可	否
手碰下方棉球且人體絕緣	否	否	可	否

編號	5	6	7	8
沾取試劑名稱	食鹽水溶液	硝酸鉀水溶液	氯化鉀水溶液	氯化鎂水溶液
手持棉花棒上端	可	可	可	可
手碰下方棉球	可	可	可	可
棉花棒包捲鋁箔	可	可	可	可
手碰下方棉球且人體絕緣	可	可	可	可

(四)木軸特大棉花棒(以 7 個大棉花球包在木桿上)：

編號	1	2	3	4
沾取試劑名稱	不沾(乾燥)	水	烏龍茶	酒精
手持棉花棒上端	否	否	可	否
手碰下方棉球	否	否	可	否
棉花棒包捲鋁箔	否	否	可	否
手碰下方棉球且人體絕緣	否	否	可	否

編號	5	6	7	8
沾取試劑名稱	食鹽水溶液	硝酸鉀水溶液	氯化鉀水溶液	氯化鎂水溶液
手持棉花棒上端	可	可	可	可
手碰下方棉球	可	可	可	可
棉花棒包捲鋁箔	可	可	可	可
手碰下方棉球且人體絕緣	可	可	可	可

四、以絕緣的原子筆(抽出筆心)插入蘋果(或橘子、番茄)中，手持原子筆並以水果碰觸螢幕，觀察是否能觸控螢幕？

編號	1	2	3
原子筆插入材料	蘋果	橘子	小番茄
觸控性	可	可	可

五、測試手指與螢幕間是否要完全接觸才能點選或繪圖：

(一) 手指與螢幕間隔著 7 張(含以下)的影印紙，仍有觸控功能。如下表：

張數	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
觸控性	可	可	可	可	可	可	可	可	否	否	否

(二) 用游標尺測 500 張影印紙厚度為 5.8 cm，平均每張為 0.116 mm，這表示手指與螢幕間間隔約 0.81 mm 以內時仍有觸控功能。

六、製作螢幕觸控筆：

(一) 第一種模型：選擇**木漿棉**為筆尖材料，將材料分別包在塑膠外殼原子筆、鉛筆(木頭端)、不鏽鋼筷、包覆鋁箔原子筆、金屬筆刀筆桿一端(作為筆桿)。根據下表可知：若以不鏽鋼筷、原子筆桿包覆鋁箔和金屬筆刀桿包覆鋁箔為筆桿，整支筆就具觸控性。我們定義**第一種模型為：原子筆包覆鋁箔為筆桿，木漿棉為筆尖材料的筆**為代表。

編號	1	2	3	4	5
筆桿	塑膠原子筆	鉛筆(木頭端)	不鏽鋼筷	原子筆鋁箔	金屬筆刀
觸控性	否	否	可	可	可

(二) **第二種模型：由螢光筆改裝**。如下圖

(三) **第三種模型：由金屬筆桿和木漿棉改裝**。如下圖



第一種模型



第二種模型



第三種模型

(四) 比較三種自製觸控筆的觸控、書寫能力。

編號	觸控書寫能力	優點	缺點
第一種模型	<ol style="list-style-type: none"> 1. 佳 2. 各角度均可書寫 3. 不必按壓即可書寫 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 最易製作 2. 資源回收，再製成本最低 3. 稍微沾水(保濕性極佳)便可書寫。 4. 可輕輕書寫，不必施力按壓 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 外觀較為粗糙 2. 筆尖易變薄或磨損。 3. 筆尖不可太乾，可用保鮮膜保濕也保護螢幕。
第二種模型	<ol style="list-style-type: none"> 1. 佳 2. 書寫角度較受限 3. 不必按壓即可書寫 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可加墨水(食鹽水) 2. 使用時間長。 3. 資源回收，再製成本低廉 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 會有鹽水流出，螢幕須包覆保護貼或以保鮮膜包覆筆尖。 2. 書寫角度範圍較小
第三種模型	<ol style="list-style-type: none"> 1. 最佳 2. 各角度均可書寫 3. 輕滑就可觸控螢幕及書寫 4. 不必按壓即可書寫 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 筆頭的木漿棉較大，使用時間長 2. 製作過程最簡單 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 金屬筆桿較不易取得。 2. 筆尖不可太乾，可用保鮮膜保濕也保護螢幕。

(五) 觀察市售觸控筆(×2)之外觀、構造，查出各部份的材料與功能。結果如下表：



3M觸控筆



BESON觸控筆

品名	筆桿形狀	筆桿	筆頭	筆頭形狀	觸控	優點	缺點
3M 電容式觸控筆	圓柱筆管	金屬(輕)	橡膠	半球狀	1. 佳 2. 各角度均可書寫。 3. 要稍微按壓才易書寫	造型美觀	價格昂貴
BESON 電容式觸控筆	六角柱筆管	鋁合金(較重)	橡膠	半球狀	1. 佳 2. 各角度均可書寫。 3. 要稍微按壓才易書寫。	造型美觀	1. 價格較貴 2. 握感不如圓管

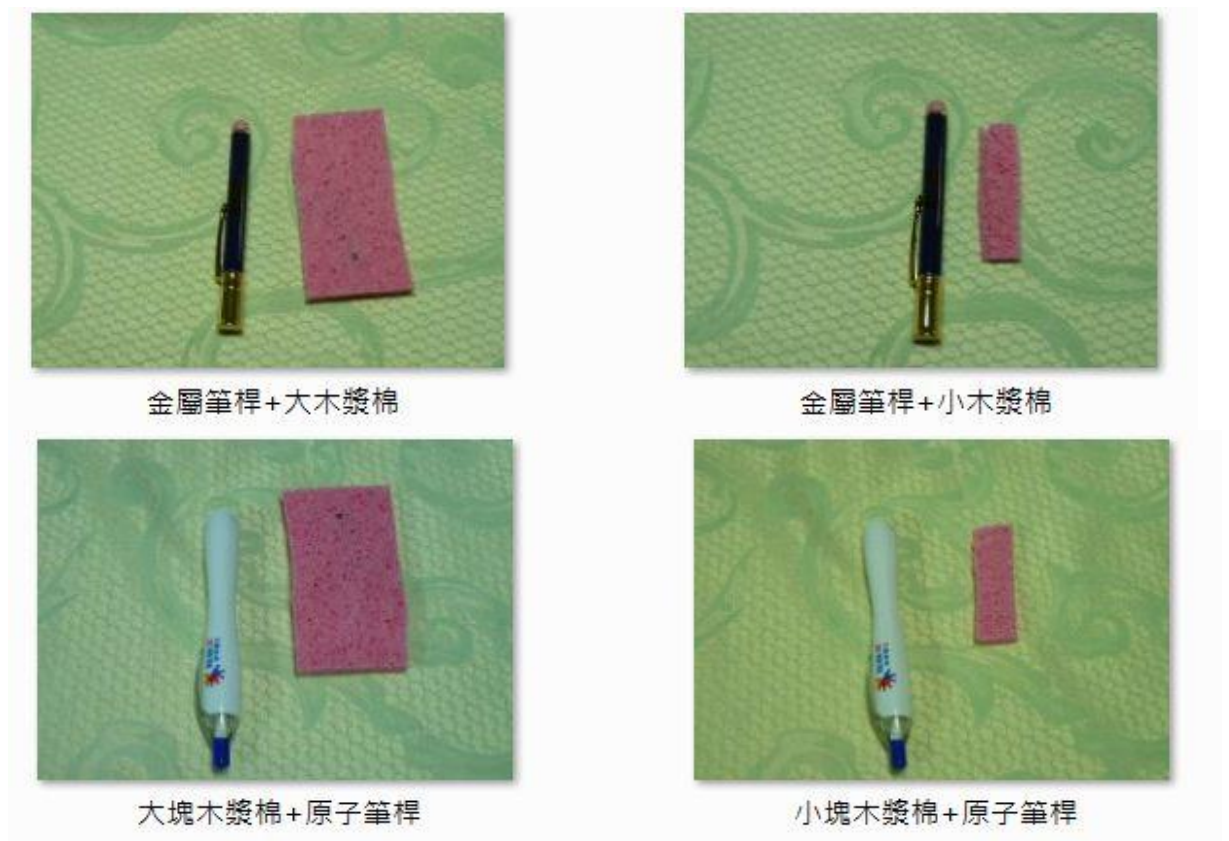
(六) 分別比較自製觸控筆與市售觸控筆之觸控功能、適用性與價格。

品名	筆頭材料	筆頭形狀	製作	觸控效果及優缺點	成本或售價
第一模型	木漿棉		自製	如研究結果(四)	低廉(約3元)
第二模型	螢光筆頭		自製	如研究結果(四)	低廉(約3元)
第三模型	木漿棉		自製	如研究結果(四)	約60元
3M 電容式觸控筆	橡膠		購買	如研究結果(五)	790元
BESON 電容式觸控筆	橡膠		購買	如研究結果(五)	390元

七、 第三種模型(金屬筆桿加木漿棉)的改裝(塑膠筆桿加木漿棉)與延伸：

編號	1	2
模型組成	金屬筆桿加木漿棉	塑膠筆桿加木漿棉
大：4*8.5*0.5 cm ³	可觸控	可觸控
小：1.5*8.5*0.5 cm	可觸控	不可觸控

如圖：



八、以各種材料碰觸電漿球與手指碰觸電漿球相似度比較，其結果如下圖(僅列出相似與不相似狀態各一)，中間圖片是以手指觸碰球面而觀察到的現象；左圖則是以其他材料觸碰，但產生的現象相似於手指觸碰現象；右圖則為不相似狀態。



(一) 日常生活中的材料：

編號	1	2	3	4	5	6	7	8
材料	木漿棉	蘋果	橘子	小番茄	塑膠原子筆	不鏽鋼筷	鋁箔(尖端)	鋁箔(面狀)
相似性	是	是	是	是	否	否	否	是

(二) 棉花棒沾取電解質(食鹽水)：

實驗結果如下圖，僅列出三張圖片，右圖為手持棉花棒木頭端碰觸電漿球，與手指碰觸現象不相似；中圖與右圖分別為手持鋁箔包覆處與手觸棉球的狀況，與手指直接碰觸電漿球產生相似的現象。



手持上端

手持鋁箔

手觸棉球

以下表列各種方式是碰觸電漿球與手指直接碰觸的相似性

1. 紙軸小棉花棒

編號	1	2	3	4
沾取試劑名稱	不沾(乾燥)	水	烏龍茶	酒精
手持棉花棒上端	否	否	否	否
手碰下方棉球	否	否	是	否
棉花棒捲鋁箔	否	否	是	否
手碰下方棉球且人體絕緣	否	否	是	否

編號	5	6	7	8
沾取試劑名稱	食鹽水溶液	硝酸鉀水溶液	氯化鉀水溶液	氯化鎂水溶液
手持棉花棒上端	否	否	否	否
手碰下方棉球	是	是	是	是
棉花棒包捲鋁箔	是	是	是	是
手碰下方棉球且人體絕緣	是	是	是	是

2. 木軸小棉花棒

編號	1	2	3	4
沾取試劑名稱	不沾(乾燥)	水	烏龍茶	酒精
手持棉花棒上端	否	否	否	否
手碰下方棉球	否	否	是	否
棉花棒包捲鋁箔	否	否	是	否
手碰下方棉球且人體絕緣	否	否	是	否

編號	5	6	7	8
沾取試劑名稱	食鹽水溶液	硝酸鉀水溶液	氯化鉀水溶液	氯化鎂水溶液
手持棉花棒上端	否	否	否	否
手碰下方棉球	是	是	是	是
棉花棒包捲鋁箔	是	是	是	是
手碰下方棉球且人體絕緣	是	是	是	是

3. 木軸大棉花棒

編號	1	2	3	4
沾取試劑名稱	不沾(乾燥)	水	烏龍茶	酒精
手持棉花棒上端	否	否	可	否
手碰下方棉球	否	否	是	否
棉花棒包捲鋁箔	否	否	是	否
手碰下方棉球且人體絕緣	否	否	是	否

編號	5	6	7	8
沾取試劑名稱	食鹽水溶液	硝酸鉀水溶液	氯化鉀水溶液	氯化鎂水溶液
手持棉花棒上端	否	否	否	否
手碰下方棉球	是	是	是	是
棉花棒包捲鋁箔	是	是	是	是
手碰下方棉球且人體絕緣	是	是	是	是

4. 木軸特大棉花棒

編號	1	2	3	4
沾取試劑名稱	不沾(乾燥)	水	烏龍茶	酒精
手持棉花棒上端	否	否	否	否
手碰下方棉球	否	否	是	否
棉花棒包捲鋁箔	否	否	是	否
手碰下方棉球且人體絕緣	否	否	是	否

編號	5	6	7	8
沾取試劑名稱	食鹽水溶液	硝酸鉀水溶液	氯化鉀水溶液	氯化鎂水溶液
手持棉花棒上端	否	否	否	否
手碰下方棉球	是	是	是	是
棉花棒包捲鋁箔	是	是	是	是
手碰下方棉球且 人體絕緣	是	是	是	是

(三) 以自製的觸控筆與市售觸控筆分別碰觸電漿球，並比較與手指碰觸時的差異。

編號	1	2	3	4	5
觸控筆名稱	第一種模型	第二種模型	第三種模型	3M 電容式 觸控筆	BESON 電容 式觸控筆
與手指觸碰 相似否	是	是	是	是	是



1手指



2第一種模型



3第二種模型



4第三種模型



5-3M觸控筆



6-BESON觸控筆

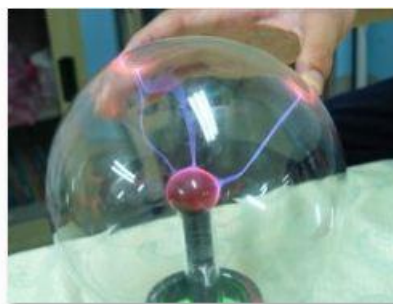
九、在 iPad 和電漿球上模擬多點觸控：結果如下表

編號	觸碰材料與動作	iPad	電漿球中電子軌跡
1	兩支手指開合	可多點觸控	隨手指動作張開或閉合
2	兩支觸控筆開合	可多點觸控	隨觸控筆的動作張開或閉合
3	一支手指 + 一支觸控筆開合	可多點觸控	隨手指和觸控筆動作張開或閉合

如圖：



1手指合



1手指開



2觸控筆合



2觸控筆開

陸、 討論：

一、 電容式觸控螢幕的原理：

iPad(iPhone)屬於電容式觸控螢幕，原理是利用面板上排列有透明電極，透過手指(人體)與面板產生的微弱電流，來偵測出手指在面板上的位置，進而達到觸控的目的。

二、 材料要有導電性，接觸面積要夠大：

當我們手持不同的材料接觸螢幕並滑動時，發現塑膠製的原子筆無論沾水與否都沒有觸控的能力，也就是使用絕緣材料是無法去觸控螢幕的。所以材料要有**導電性才有觸控功能**；但我們也發現：用不鏽鋼筷(金屬導體)一端去接觸螢幕卻沒有觸控效果，再經由鋁箔的實驗發現，當與面板接觸的鋁箔面積較大時才有觸控功能，若只有尖端接觸就沒有。可以證實**接觸面板的面積**也影響此功能。面積太小時，反而使電流不夠達到觸控功能的需求而無觸控效果。

三、 水果也有觸控功能：

從研究方法一、二中可知，有些材料在乾燥時無法去觸控螢幕，但沾水後就可以了，可能是因為有水而產生了導電性，如舊海棉與除塵布條。有些材料不必沾水就能達到觸控功能，例如木漿棉、**蘋果**、橘子、地瓜、高麗菜葉、小番茄、香蕉皮等。我們判

斷這些材料可能因本身就具備水分(其中市面上販售的木漿棉本身就是濕潤的、且保濕性極佳)，這些材料內可能具有可導電的東西(電解質)，這部分也可由研究方法三來驗證，就像人體中有電解質，所以人體(手指)有觸控功能，上述材料也可以。

四、一定要透過人體接地嗎？

- (一) 用小的棉花棒沾取各種不同的水溶液，可以發現手持棉花棒最上端時(未碰觸棉球)，均沒有觸控功能，但若以手碰觸棉球部分或以鋁箔包捲在棉花棒上(鋁箔有接觸到棉球)時，就有了觸控能力，這驗證了討論三的說明，也就是說沾有電解質的東西具有觸控功能，但仍需要與人體(手指)相連通，所以我們更進一步確認，從面板到中間介質到人體必須是相連的，不能有任何絕緣的地方，也就是說電流要進出**人體**，才會有觸控功能。
- (二) **不接地可以嗎？**但如果筆尖的材料**夠大**呢，那還需要連接到**人體**嗎?我們的答案是：**不需要！**雖然我們使用大的木軸棉花棒沒有做出這種現象(但特大棉球有時可以)，是從研究方法四的結果當中卻發現，我們以塑膠原子筆插入水果中，不需用手去觸碰水果也具有觸控功能，也就是說，雖然沒有經過人體接地，也有其觸控效果，我們推測是：夠大的水果可容納螢幕表面與材料間誘發的微弱電流所致。

五、令人意外的兩個結果：

- (一) 一個是新的合成海棉與使用過的合成海棉會有不同的結果，使用過的海棉沾水後就有觸控能力，但新的、未使用過的海棉則無，這應是舊海棉內含少許能導電的物質而具有觸控能力吧！
- (二) 用來包糖果的塑膠紙竟然也有觸控能力，我們發現只要是包裝紙上銀亮的部分就有觸控功能，其他部分沒有，可能是在糖果紙內含有少量的金屬化合物吧，這部分倒是值得再深入研究，或許從中可找出一種新方法，可由 iPad 的觸控功能檢測出糖果紙內的金屬成分呢！

六、手指與螢幕距離：

在手指與面板間若墊上紙張以隔開距離，我們發現其實手指與螢幕間就算隔著 7 張(含以下)紙，也有觸控功能，以 7 張影印紙的厚度計算，手指距面板距離在 0.08cm 以下就可以觸控螢幕，所以面板貼上保護貼時並不影響觸控功能，這也可以解釋為什麼手指只要輕輕滑動就可以很優雅的操控 iPad 了。

七、製造觸控筆：

- (一) 只要是符合觸控功能的材料均可，但為了要有筆的造型、筆尖也不宜太大。我們建立了三種模型：

1. 第一種模型：將薄的觸控材料包覆在筆的一端，手持處到觸控材料的部分必須是金屬導體，例如以不鏽鋼筷作為筆身或在原子筆上包覆鋁箔，如此就有觸控功能，就如手指到人體間是沒有被絕緣體隔開的一樣。
 2. 第二種模型：以現有的簽字筆製作，將電解質由筆芯處加入，也由筆芯處連接鋁箔並包覆於筆桿，如此就可維持一段相當長的使用時間了。
 3. 第三種模型：在金屬筆管前插入捲曲後的木漿棉，手持筆身即可書寫。
- (二) 依實驗結果，第一種模型以木漿棉加包覆鋁箔的原子筆最符合需要。因為木漿棉保濕性佳，柔軟可剪或割成薄片狀，適合包覆在筆尖；而原子筆符合握筆習慣，加上鋁箔後有導電性；第二種模型則以螢光筆改裝較為適當，因其筆尖面積比一般簽字筆大，但觸控角度較為受限。第三種模型書寫順暢、容易自製。綜合上述原因，第三種模型是最好的組合。
- (三) 由第三種模型的筆桿改裝可知：
1. 使用金屬筆桿時，筆尖只需少量的木漿棉即可觸控但試用塑膠筆桿時，筆尖木漿棉的用量就要大很多了，數據可參考研究結果七。我們判斷金屬筆桿可容納較多電荷，所以木漿棉的用量就可減少了，所以仍以金屬筆桿為較佳的選擇。
 2. 不論使用何種筆桿均可證明：只要筆尖材料體積夠大，不必接地就有觸控能力。

八、 自製筆與市售筆的比較：

- (一) 自製筆之製作費用均遠低於市售筆，且自製筆材料多取自於使用過的原子筆或螢光筆，屬於資源的再利用。
- (二) 自製筆的外觀較為粗糙，不若市售筆美觀，但使用便利性與書寫流暢度均不比市售筆遜色，甚至自製筆模型一的流暢度還優於市售筆呢！若自製過程能再仔細加工，增加其美觀性就更好了。
- (三) 市售筆筆頭均為空心球狀橡膠(矽膠)，**使用要稍加按壓**才能觸控、書寫，自製筆就無此缺點了。
- (四) 那種筆比較好？其實視使用者心態而論，但對我們而言，如何做出一種接近市售筆水準，甚至順暢度、便利性超過市售筆的觸控筆則是一種研究與發現。
- (五) 我們認為自製的觸控筆以第三種模型為最佳，因其在製作上最簡單、書寫度上最順暢，其外型也因金屬筆桿而美觀不少，所以最佳推薦為第三種模型。

九、 總結：具有觸控功能的材料條件為：

- (一) 能導電(內含水及電解質或金屬)。
- (二) 與面板接觸面積要夠大，不能只有一點。
- (三) 以手持之**(接地)或材料本身要夠大**。
- (四) 面板與材料之間電電流要足以被 iPad 偵測。

十、 觸控螢幕與電漿球：

- (一) 經由對觸控螢幕的研究後我們發現，既然觸控螢幕是利用誘發電流的原理，那麼

與電漿球之間是否有其相似之處，所以我們把相同的材料在電漿球上再實驗一次，由研究結果亦可發現，幾乎是只要是在 iPad 上有觸控功能的材料，在電漿球上也如手指一樣能夠吸引電流。很明顯的，所謂**電容式觸控面板**就是利用手指或其他材料碰觸面板時，誘發電流並流向人體或材料中，進而破壞了面板中電荷的平衡，被偵測到而定出觸控位置。甚至於**多點觸控**功能也能由電漿球內的電子軌跡移動中看見，真是令人大開眼界！

(二) 由觸控螢幕延伸到電漿球的實驗是一種有趣的發現，電漿球幾乎可完全取代來做實驗，除實驗時比較不必擔心 iPad 的磨損甚至損壞，另外也可驗證 iPad 面板上的確有**電流**分布，在原理的驗證上給了很大的支持，所以這是一個很重要的發現。

柒、 結論：

- 一、 **蘋果的奇幻世界**中的確是需要一支好寫的**畫筆**，但蘋果公司卻沒有製造供販賣，我們發現生活週遭竟有那麼多可用的材料可在 iPad 上書寫，「**用蘋果來寫蘋果**」感覺上像是個笑話，但的確是真的，完完全全的真實，拿顆真實的**蘋果**就能在**蘋果**公司的 iPad 上寫字，甚至於隨手可得的水果或讓你滑一跤的香蕉皮、弄髒用過的海棉、糖果紙等都可以，真是令人匪夷所思。
- 二、 實驗到最後，我們做出了觸控筆，與市售的觸控筆比較，我們發現利用的原理都一樣，功能也差不多，甚至於自製筆順暢度還優於市售筆，但價錢卻遠低於市售筆。而且從其中發現了許多意想不到和非常有趣的結果與現象，算是一種另類收穫吧。
- 三、 多加了電漿球的實驗，使我們更加確認了整個原理的完整性與確定性。不但如此，透過電漿球中發光的電子軌跡，似乎也**看見**了隱藏在 iPad 面板下方，隨著你的手指或觸控筆滑動而流動的電流，比起一般人只用手指觸控 iPad，我們透過研究，又多些奇妙且有趣的想像空間，因為**觸控**出現在我們的視線中了。
- 四、 有關材料的導電性部分，因自然課程中尚未學到相關於電阻的課程，所以用「導電性」好不好代替，相關於材料電阻與觸控的研究就留待以後更進一步的探討吧！
- 五、 以 iPad 或電漿球來檢測糖果紙中是否含有可導電物質的實驗，也是一個新鮮的主題，但我們本次實驗中主要還是以 iPad 的畫筆為主要研究，所以這方面就留待以後了。

捌、參考資料：

mobile 01 一分鐘自製觸控筆：

<http://www.mobile01.com/topicdetail.php?f=563&t=1860477&%20amp;last=24055726>

萬達光電：

<http://www.higgstec.com.tw/products/5-wire.htm>

Windows 7 玩觸控（一）觸控技術原理篇：

<http://www.techbang.com.tw/posts/1106>

multi-touch 部落閣：

<http://nttu-mt.blogspot.com/2007/10/blog-post.html>

Mr.OH 數位講座：

<http://www.digital.idv.tw/digital/classroom/mroh-class/oh65/index-oh65.htm>

【評語】 030814

1. 本研究做了驗證電解質的物質，可以了解觸控材料的特性。
2. 實用性宜針對某些特殊族群(可能用手指觸控不方便者)做方便性實驗，若不針對特定族群，則手指觸控的方便性無法取代，也會對本研究的價值有所限制。