中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　理化科

031614

開啓密室的小縫~靜電理論不完善處之探討與現象揭示

學校名稱：臺北縣立五峰國民中學

作者：	指導老師：
國二 高新翰 國二 陳廷恩 國二 周一宇	陳淑敏 黃義傑

關鍵詞： 接觸起電、絕緣體接地、保鮮膜

壹、摘要：

靜電對現代高科技的影響是不容忽視的，但多數教科書講述的靜電理論，並不能明確解釋一些特別的靜電實驗現象。因此在控制濕度下，分別對「摩擦起電」、「靜電感應」、「接觸起電」、「帶電體的去靜電」、「金屬的接地」、「絕緣體的接地」等靜電現象的相關細節做了檢驗與研究，得到驚奇的發現，並修正了理論說法，也藉此改良設計出使驗電瓶帶最大電量的新方法；甚至在這次的研究結果中，推翻了一般人對靜電造成的生活經驗謬思。

貳、研究動機：

延續去年的實驗裡發現了甚多靜電表現出的「靈異現象」，有關這許多不易解釋的結果，在請教了多位國內的專家學者以及尋求文獻解釋後，仍無法解決疑惑，而接續的研究更讓我們欲罷不能，總覺得「靜電密室」已經悄悄的被鬆動了，如何加把勁開啓它，進入未知的科學殿堂並作出更深入的探討，這便是我們持續研究的動機。

叁、研究目的：

爲了做更詳盡的靜電理論檢驗，了解靜電的相關概念，以下檢驗幾乎囊括了相關概念多次探究中所遇到的疑惑。

以下是七個設定的研究主題及其目的：

一、觀察金屬直接與絕緣物質單面「摩擦」，和不同的絕緣物質彼此間的「摩擦起電」相比較，了解金屬得失電子的各種細節並逐步檢驗靜電理論。

二、讓驗電瓶以不同的方式帶電，並比較其間的差異性，也藉由實際檢驗電性，觀察理論推導正確與否。

三、測試驗電瓶的玻璃(非導體)部分是否會產生「電容」效應，而影響瓶中的靜電，造成檢驗的差異。

四、將帶電體接觸金屬或地板的「接地」動作，真的具有「轉移」帶電體的電荷之效果？此主題以較活潑趣味的實驗做呈現。

五、非金屬或是我們號稱的絕緣體接觸帶電金屬時，金屬導體上的電子真的不容易轉移？這些物質的絕緣效果真的不錯嗎？

六、帶電體接觸導體真能移轉其電荷？總結上述實驗過程中觀察到的異相，持續深入探討一般教科書的錯誤所在，企圖做最恰當的理論修正。

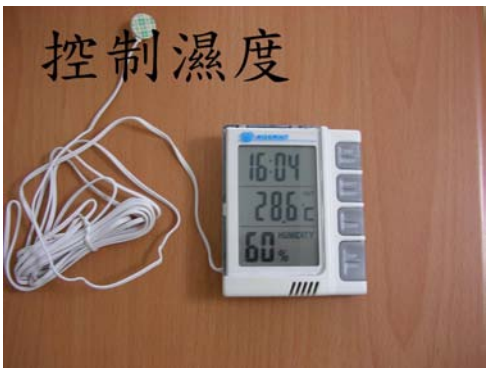
七、靜電應用與相關迷思：無論老師所授或網路資訊，均指出保鮮膜是利用其撕下的一瞬間所產生的靜電來封住食品容器以達保濕、保鮮功能。真的是這麼一回事嗎？

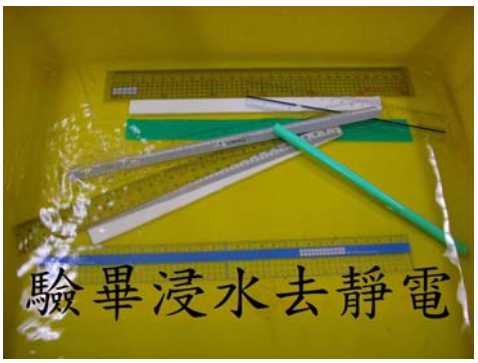
肆、實驗器材及控制：

各式絕緣材質直尺
驗電瓶
磁湯匙
PVC水管
空鋁罐
鐵尺
木湯匙
毛布料
氣球
噴水瓶
咖啡攪拌棒
麥克筆
尼龍繩
剪刀
免洗木筷

對驗電瓶除濕

膠帶封口

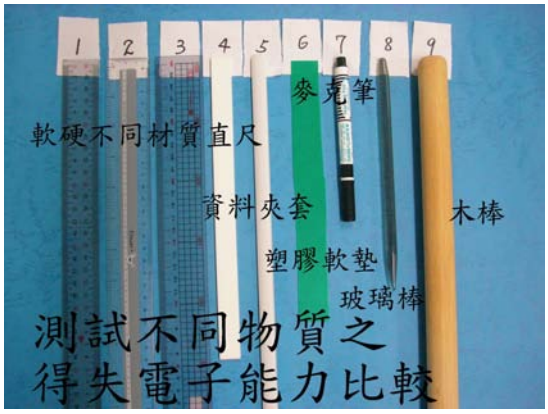

控制濕度
16:04
28.6℃
60%

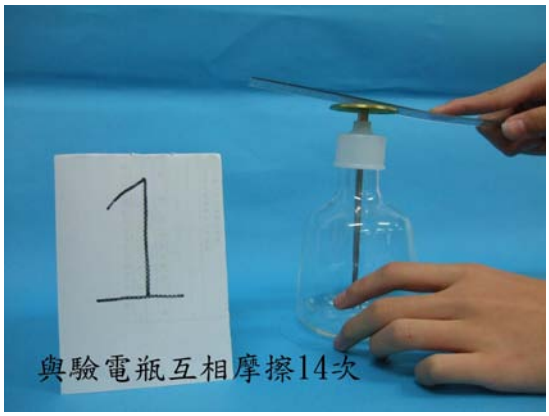

驗畢浸水去靜電

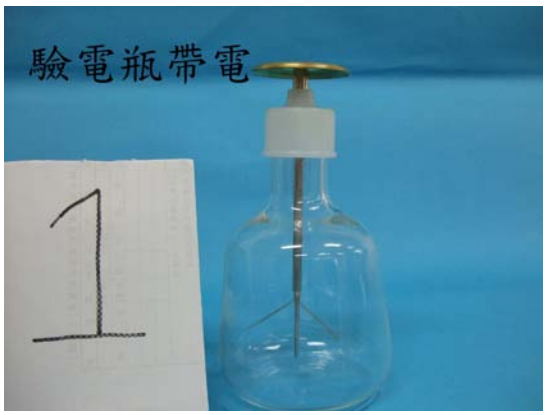
伍、研究過程與紀錄分析:

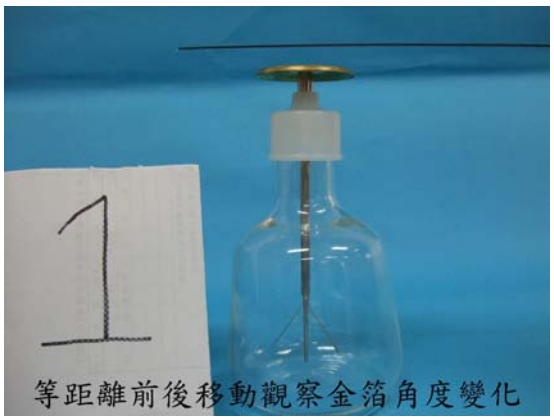
主題一、金屬與絕緣物質「摩擦起電」的細節與檢驗

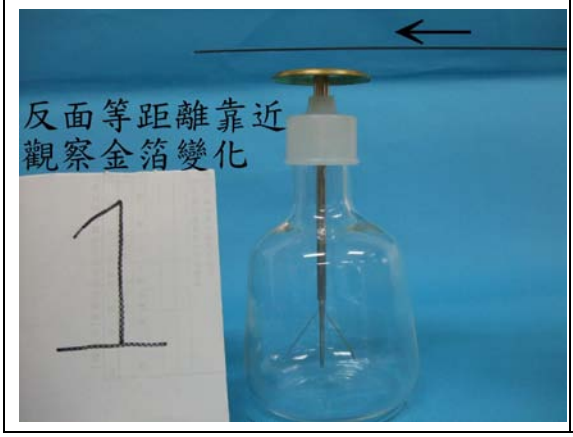
活動流程：



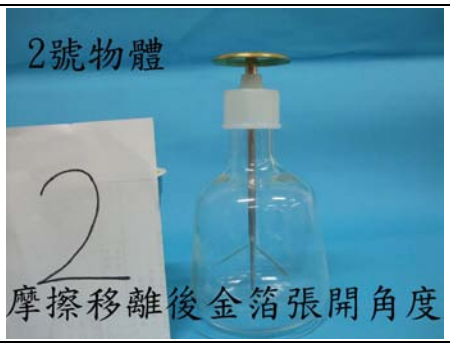


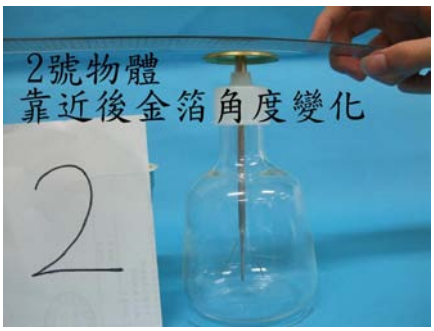




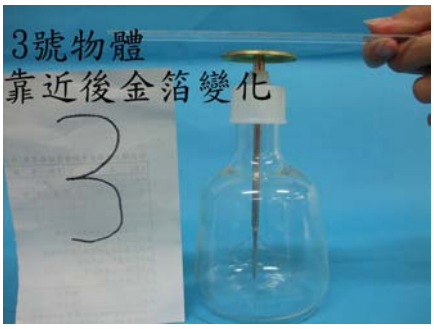


實驗照片：

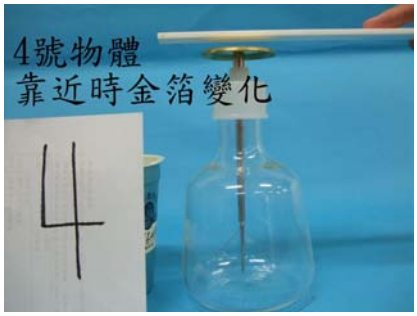

2號物體
2
摩擦移離後金箔張開角度


2號物體
靠近後金箔角度變化
2

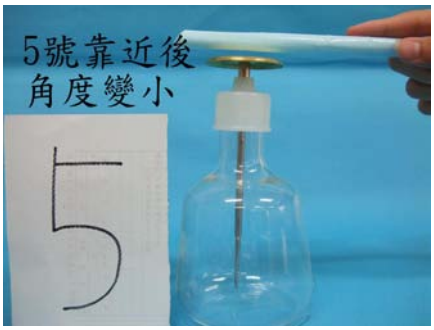
3
3號物體
摩擦後金箔張開

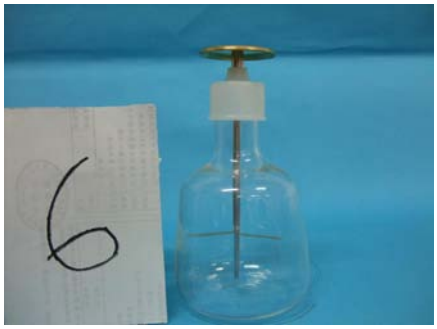

3號物體
靠近後金箔變化
3

4號物體摩擦後金箔張開
4

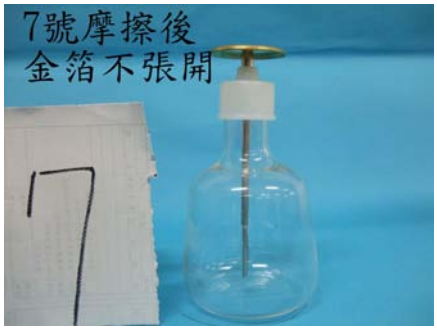

4號物體
靠近時金箔變化
4

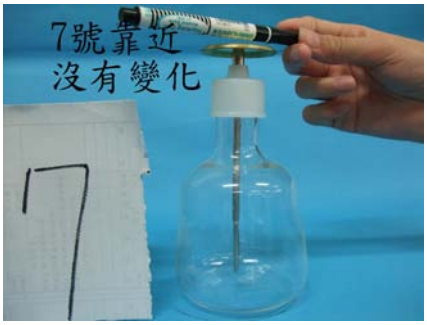
5


5號靠近後
角度變小
5


6

6號靠近
角度變小
6





結果記錄：

一、以不同物體的單面摩擦驗電瓶使金箔張開後，然後以此面靠近驗電瓶觀察金箔變化			
物品編號	物體與驗電瓶互相摩擦十四次後金箔角度	物體由遠而近逐漸靠近以檢驗電性	摩擦面距金屬等高距離前後移動，測試電量是否均勻
1	角度張開 90 度	角度變小 (表示兩者帶異性電)	角度些微變小(表示帶電體電荷分布不均勻)
2	角度張開 102 度	角度變小(帶異性電)	角度些微變小(不均勻)
3	張開 121 度	角度變小(帶異性電)	角度些微變小(不均勻)
4	張開 84 度	帶異性電	角度些微變小(不均勻)
5	角度張開 61 度	幾乎閉合(帶異性電)	角度些微變小(不均勻)
6	角度張開 164 度	帶異性電	角度些微變小(不均勻)
7	未張開	未張開	未張開
8	未張開	未張開	未張開
9	未張開	未張開	未張開

二、帶電體的反面接近驗電瓶(藉以了解沒摩擦面是否有相反電性產生)		
物品編號	由遠而近逐漸靠近驗電瓶	等高移動
1	變小(與正面帶同種電)	縮小再張開(不均勻)
2	變小(與正面帶同種電)	縮小再張開(不均勻)
3	無反應	無反應
4	無反應	無反應
5	角度變小(與正面帶同種電)	角度些微改變(不均勻)
6	角度變小(與正面帶同種電)	角度些微改變(不均勻)
7~9	省略	省略

三、將帶電體 1~9 摩擦面再輕輕接觸驗電瓶，原本張開的金箔最後均閉合，證明互相摩擦二者帶電量應該約略相等。

分析討論：

1. 不同物質與金屬摩擦後未必能使金箔帶電張開，因爲得失電子能力強弱不同。
2. 再靠近檢驗均會使金箔角度減小，表示彼此摩擦帶電後電性相反。
3. 摩擦後的絕緣體，其電荷分布並不均勻，非等電位分布。
4. 摩擦面的反面並沒有產生類似電容效應的異性電。
5. 最後互相摩擦的兩物接觸後均使金箔閉合，表示互相摩擦的兩物得失電子電量相同。
6. 欲使驗電瓶上的金箔張開時，每片金箔上至少需要的帶電量 Q
   約略估算如下：
   金箔的長×寬×厚大約爲 $1cm \times 0.5cm \times 10^{-5}cm$
   所以其重力約爲 $1 \times 0.5 \times 10^{-5} \times 19.3 \times 10^{-3} \times 9.8$ 牛頓
   當兩金箔平均排斥到距離約 1cm 時的靜電力爲 $\frac{9 \times 10^9 \times Q^2}{(10^{-2})^2}$ 牛頓
   根據靜電力=克服重力
   $$\frac{9 \times 10^9 \times Q^2}{(10^{-2})^2} = 1 \times 0.5 \times 10^{-5} \times 19.3 \times 10^{-3} \times 9.8$$
   $Q=10^{-10}$ 庫倫
   也就是說，當驗電器上每個金箔上的帶電量約爲 10^{-10} 庫倫，
   亦即約有 6×10^8 個電子時，驗電器上的金箔張開便可用來驗電。

主題二、驗電瓶帶電的各種起電方式檢驗與比較：

分別讓驗電瓶以不同的方式帶電後，再檢驗所產生的電性是否符合理論預測：

A. **接觸起電**：尺與毛布摩擦帶電，尺再接觸驗電瓶。

   1. 帶電體輕碰驗電瓶(約 0.2~3 秒)

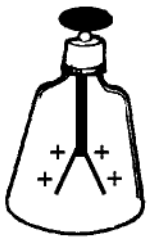
   2. **帶電體接觸驗電瓶較久時間(約 15~30 秒)**

B. **摩擦起電**：尺直接與驗電瓶摩擦。

   1. 不帶電的直尺與驗電瓶摩擦

   2. **已帶多量電荷的直尺與驗電瓶摩擦**

C. **感應接地起電**：

1.帶電體靠近金屬產生靜電感應	2.手觸接地，使部分電荷移轉
	
3. 手離開	4.帶電體移離，物體帶異性電

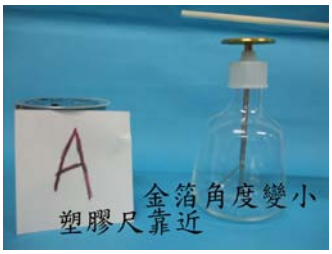
D. **接觸接地起電(自創方法)**：

1.帶電體靠近	2.接觸驗電瓶

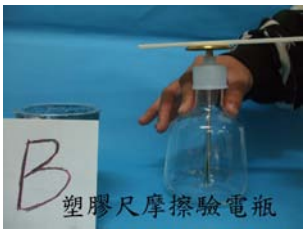
3.手碰觸驗電瓶	4.尺再離開

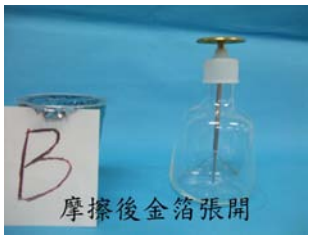
結果紀錄：

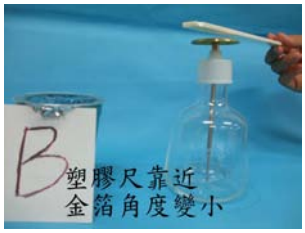
實驗內容	結果紀錄
A.接觸起電	
1. 帶電體輕碰驗電瓶	控制濕度下，多次實驗仍不易成功，極少數帶電者，金箔電性與帶電體相同。(理論預測：應該容易將電荷移轉給金屬)
2. 帶電體接觸驗電瓶較久時間	仍不易帶電，但帶電時大多可使金箔張開，卻與原帶電體帶異性電，與理論預測背馳。

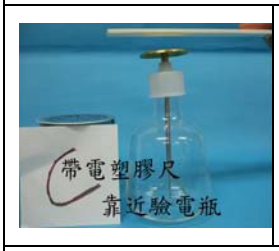
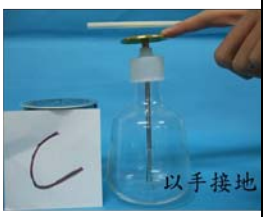
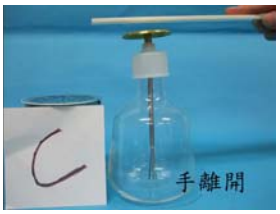
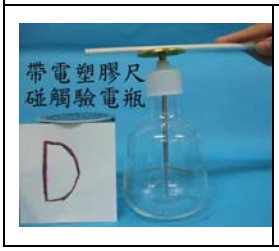
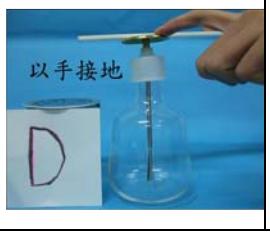
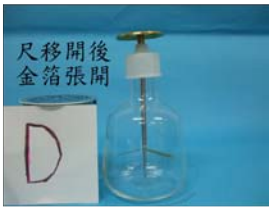
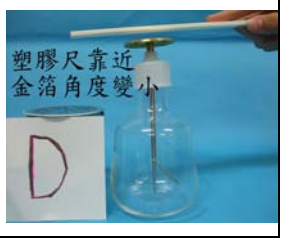


B.摩擦起電	
1. 不帶電的直尺與驗電瓶摩擦	可使金箔張開，且與原帶電體帶異性電，符合理論預測。
2. 已帶**相當多量電荷**的直尺與驗電瓶摩擦	仍可使金箔張開，但與原帶電體帶異性電，與理論預測有差異，特殊現象值得再深入探討。







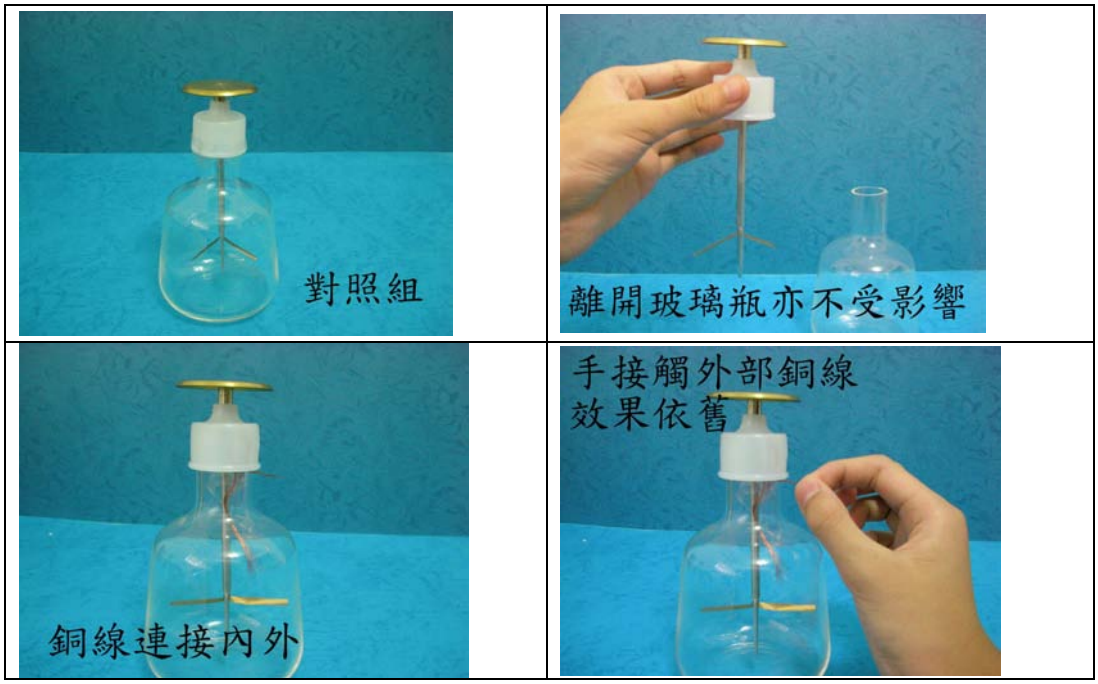
<table>
<tr><td colspan="2">C.感應接地起電：</td><td colspan="2">可使金箔張開，但與原帶電體帶異性電，符合理論預測。</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">D.接觸接地起電</td><td colspan="2">可使金箔張開，但與原帶電體帶異性電，與理論預測結果相反。</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
</table>

現象分析：

1. 「接觸起電」的原理論描述：帶電體碰觸金屬，會將本身多餘的電荷快速移轉給金屬，使之帶同性電。
2. 在 **A.接觸起電**活動中，接觸時間在 3 秒以內，其效果相當差，大部分接觸時金箔張開，但物體離開後金箔則又閉合，似乎並不符合上述理論說法；唯一可安慰的是，如果最後驗電瓶好不容易帶電了，檢驗的結果真的是同性電。
3. 但是在 **A.接觸起電**「帶電體接觸驗電瓶較久」，上述理論則完全不能說明，接觸後，經由電荷移轉，兩者卻帶異性電。而非如理論預測的將自身電荷移轉過去。
4. 活動 **B.摩擦起電**，不帶電物體與驗電瓶的摩擦，符合互相摩擦的兩物體間電荷移轉造成電性不同的理論。不同於一般的摩擦起電是均爲絕緣兩物間的摩擦，我們拿金屬做驗證，照樣可行！
5. 好奇的腦袋讓我們想更深入探討，當已經帶有很多電量的帶電體再來做 **B.摩擦起電**，會有怎樣的結果？施與能量摩擦使電荷移轉，絕緣物質居然還可以繼續承受更多的電荷，造成兩者依然帶異性電！
6. **C.感應接地起電**的結果與理論相符合，真是令人欣慰。
7. 延續上述理論，**D.接觸接地起電**就是這樣誕生的，原本期待接觸後電子持續移轉到金屬上，再以接地方式將所有電荷中和，最後應該不帶電，但卻發現了一個天大的秘密：啊！金箔張開居然最大，跟我們驚嚇的嘴巴一樣！

主題三、驗電瓶玻璃部分是否會影響驗電瓶的檢驗效果

流程與結果：

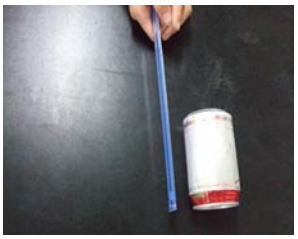
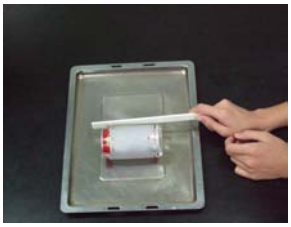


分析：

1. 爲了確保結果無誤，我們增加手觸時間至 2~5 分鐘。
2. 科技專家講了一大堆「電容」的想法，就驗證看看囉！嘿嘿，沒事！真高興我們不懂的這部分沒出現異相！加速器運作的基本原理就留待往後再研究！

主題四、金屬材料或地板的接地能力檢驗：

檢驗法 A：

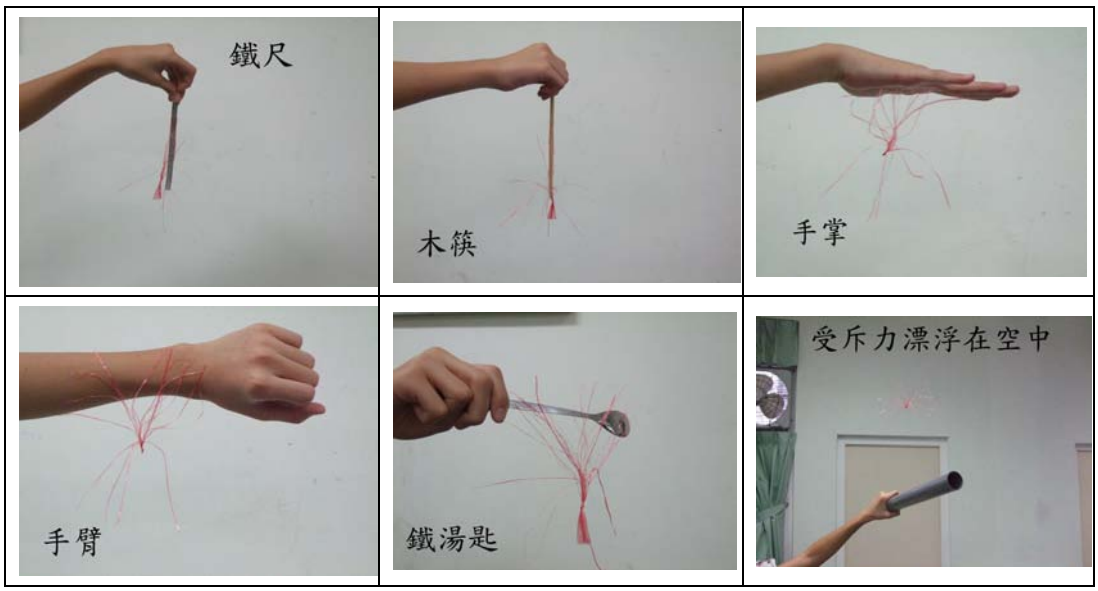
	
帶電直尺靠近桌面上的空鋁罐	直尺接觸桌面上的空鋁罐
	
直尺靠近桌面金屬板上的空鋁罐	直尺接觸桌面上金屬板的空鋁罐
直尺靠近地面上的空鋁罐	直尺接觸地面上的空鋁罐
直尺靠近地面上金屬板的空鋁罐	直尺接觸地面上金屬板的空鋁罐
除了乾燥、乾淨之外，考量到空鋁罐表面的品牌塗漆可能會影響電荷的移轉，於是將鋁罐表漆磨光，露出金屬部分，重複步驟 1、2 做檢驗。 	

紀錄：

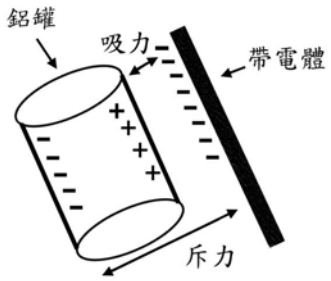
A 帶電體與空鋁罐的吸引	結果
帶電體靠近桌上鋁罐	空鋁罐受到帶電體直尺的靠近會被吸引而跟隨著直尺快速移動
帶電體接觸桌上鋁罐	移動速率加大
帶電體靠近桌上鐵盤上的鋁罐	被吸引而跟隨著直尺快速移動
帶電體接觸桌上鐵盤上的鋁罐	更快速移動
帶電體靠近地面上鋁罐	被吸引而快速移動
帶電體接觸地上鋁罐	移動速率不變
帶電體靠近地上鐵盤上的鋁罐	快速移動
帶電體接觸地上鐵盤上的鋁罐	快速移動
原本有做平均速度比較大小，但考量接觸面性質不同，平均速率意義不大而不在此處呈現；但同種狀況時，「接觸」時吸引的速度快於「靠近」。	

檢驗法 B：

1. 尼龍繩撕成細絲，摩擦充分帶電，再以不同物體吸附，觀察導走靜電的能力。



分析：



1. 金屬靠近帶電體的一端感應出產生異性電，遠端爲同性電；因此靜電吸引力大於其靜電排斥力。(參見右圖)

2. 直尺接觸接觸後，電荷應該有部分被導走，理論上引力應變小，但事實不然，吸引速度加快。(**與理論預測有差距**)
3. 金屬平板直接置於地面(增加接地面積)，在將空鋁罐放在其上後，仍受吸引運動持續一段長時間。理論上電荷應該容易被快速接地失去電性而不再吸引空罐，但結果是，可以前後來回多次仍具吸引力。(**與理論預測有差距**)
4. 塑膠繩帶電後，無論接觸何種導體，電荷似乎仍舊保留而粘黏甚久不脫落。
5. 由這兩項活動設計中，我們發現塑膠質尺或塑膠繩上的靜電，實際上並不容易被金屬物質或類似人手的導體所接地而失去其電性。爲了確信我們的想法無誤，因此增加一些傳統上認爲有效去靜電的方法：(1)以電線接地(2)用手觸摸(3)接觸大片金屬(4)泡水，結果發現，生活上有些摩擦後靜電量較大的物質，在做完這些處理之後，依然存有可檢驗出的靜電量！

科學推廣：

本實驗推廣成爲校慶科學創意競賽項目：

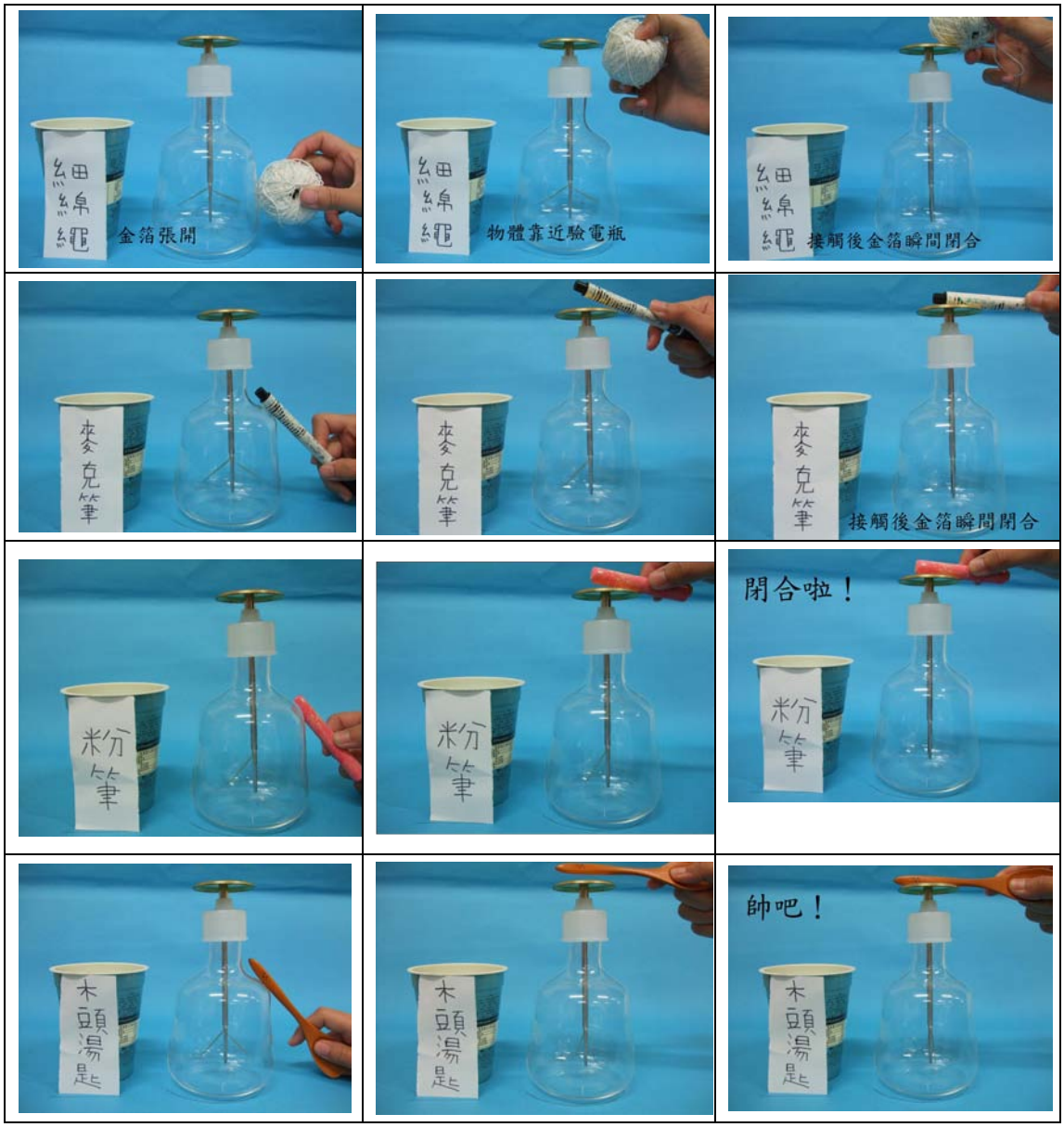
上述照片人物完全不包含本文作者群及指導老師。

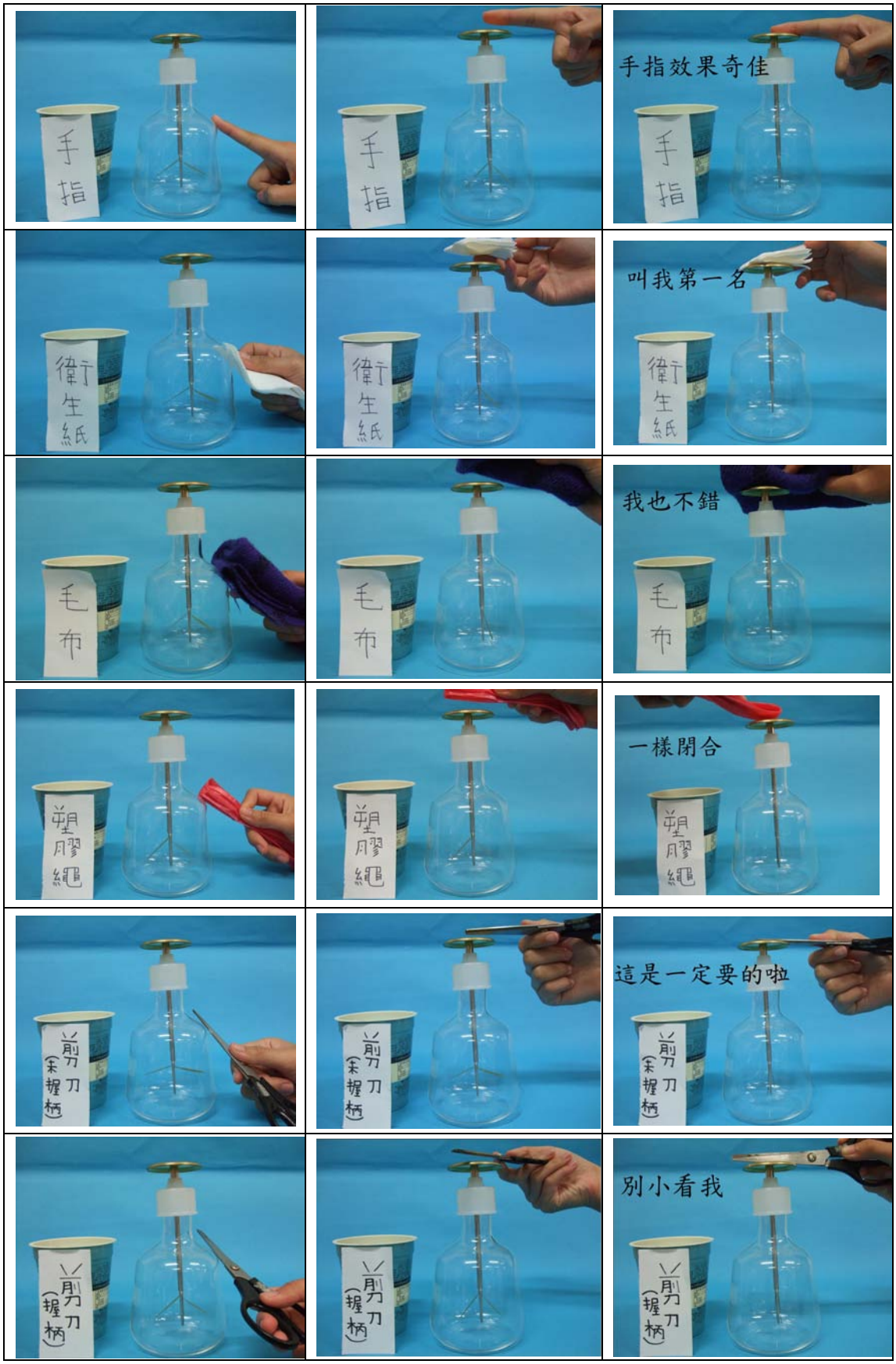
主題五、非金屬等絕緣體的接地能力檢驗：

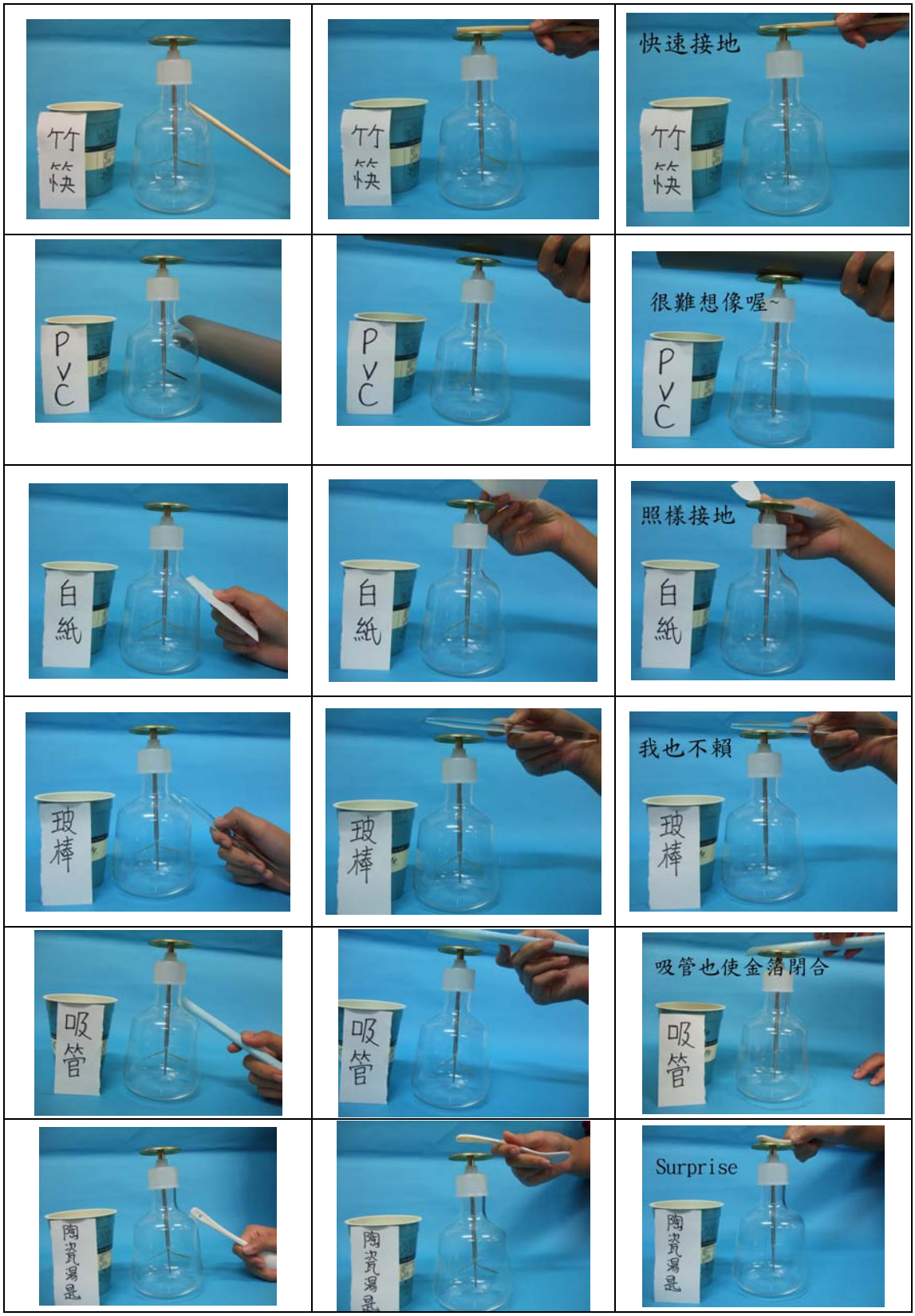
步驟：

1. 讓驗電器金箔張開，然後以不同物體接觸其上方的金屬板，觀察金箔角度變化情形。

結果照片：




手指
手指
手指效果奇佳
手指
衛生紙
衛生紙
叫我第一名
衛生紙
毛布
毛布
我也不錯
毛布
塑膠繩
塑膠繩
一樣閉合
塑膠繩
剪刀
(未握柄)
剪刀
(未握柄)
這是一定要的啦
剪刀
(未握柄)
剪刀
(握柄)
剪刀
(握柄)
別小看我
剪刀
(握柄)


竹
快
竹
快
快速接地
竹
快
PVC
PVC
很難想像喔~
PVC
白紙
白紙
照樣接地
白紙
玻棒
玻棒
我也不賴
玻棒
吸管
吸管
吸管也使金箔閉合
吸管
陶瓷湯匙
陶瓷湯匙
Surprise
陶瓷湯匙

結果紀錄：

1.接觸後金箔角度沒有變化	塑膠直尺、塑膠咖啡攪拌棒、吸管
2.接觸後金箔瞬間閉合後不再變化者	剪刀(握住金屬、握住塑膠手把)、鐵湯匙、鐵釘、手指、鉛筆、衛生紙、塑膠繩、免洗筷子、木湯匙、粉筆、奇異筆(整枝含塑膠筆套)、木筷、珍珠奶茶吸管。
3.改用吹風機將上述 2 物品吹乾兩分鐘後重覆實驗，照樣使金箔閉合者	剪刀、鐵湯匙、鐵釘、手指、鉛筆、衛生紙、塑膠繩、免洗筷子、奇異筆、粉筆、木筷、木湯匙。

分析：

1. 上述物體接地速度均相當快，此處的時間數量級，已超出感官的判斷。如 10^{-1} 秒與 10^{-5} 秒。對人類感官而言，其「快速」程度幾乎是無法分辨的。

2. 改在金屬板上噴水，觀察水分造成導走電荷的影響：得知水分造成的影響比預期中的小。(見下圖)

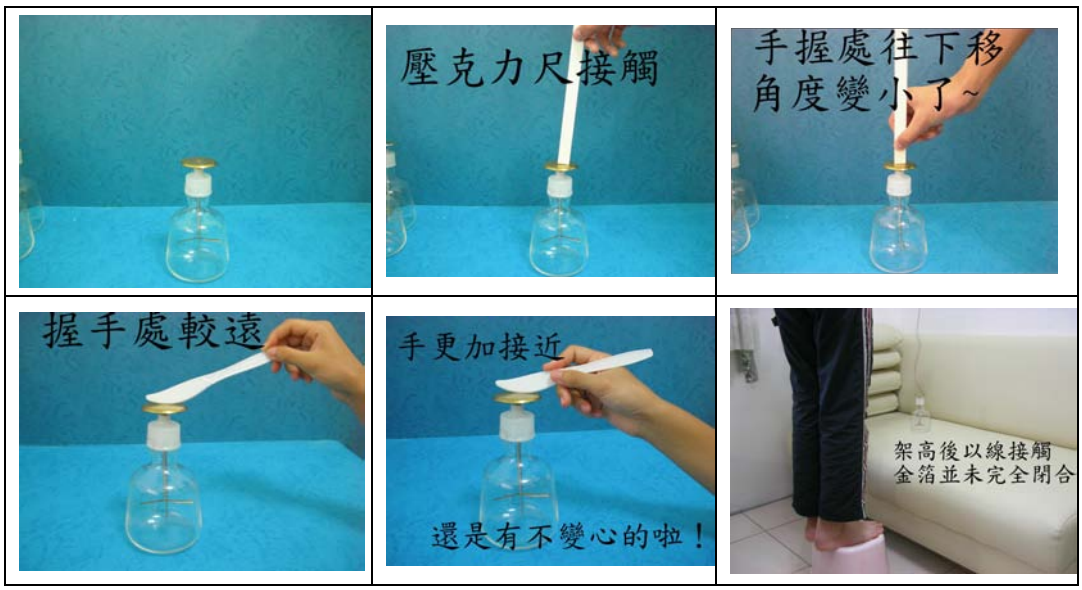
3. 將上述不帶電物體騰空丟落驗電瓶，再用手接觸該物體，觀察人爲接觸造成導走電荷的影響：手的碰觸佔了極重要的因素。(見下圖)

未放物品時

手未接觸木湯匙

手接觸木湯匙

4. 以手握住物體較遠處接觸金屬，改移至手握到較接近驗電瓶，觀察變化。

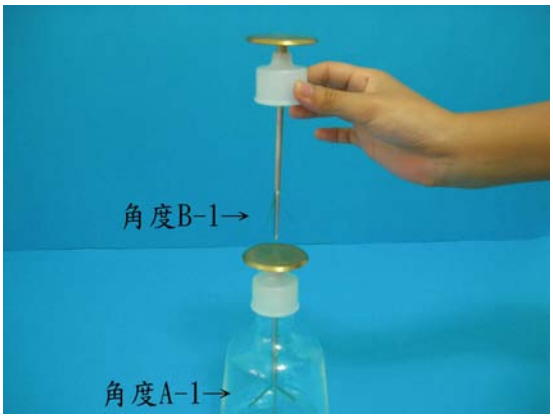
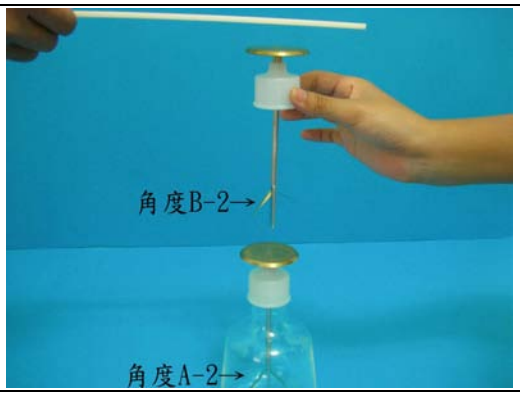
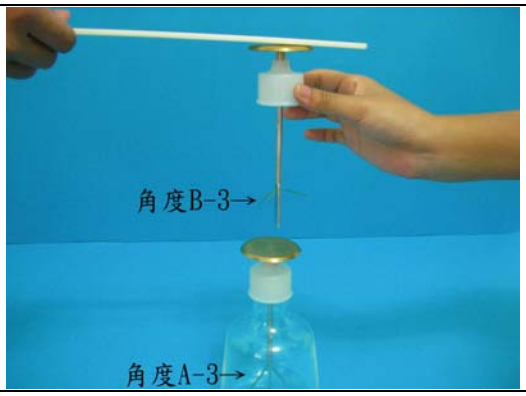


5. 繼續深入探討查到靜電比較(Triboelectrics Series)中，人手相對容易得到正電荷，而上述我們實驗的電瓶內大多爲正電，是否因此才容易被手透過其他物質接地？因此改用正電趨勢更強的投影片摩擦驗電瓶使之帶負電，重複上面接觸實驗，看是否還是會被手所間接接地而走，發現金箔照樣閉合，但速度略緩。因此結論，手的確易得到正電，但即使是負電，手依然可以透過這些絕緣物質將之接地而走。

主題六 「接觸」真的能轉移電荷嗎？

流程：

方法一：

	
1.感應起電使與驗電瓶異性電	2.另一金箔靠近
	
3.帶電體靠近	4.帶電體接觸驗電瓶觀察兩組金箔角度變化

方法二

電中性驗電瓶	帶電體接觸驗電瓶	帶電體移離驗電瓶

紀錄：

方法一

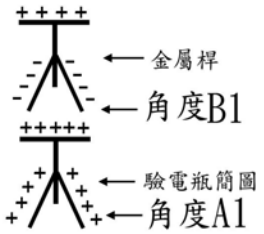
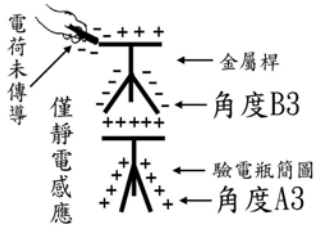
次數編號	角度 B-1	角度 B-2	角度 B-3
1	變大	變大	變大
2	變大	變大	變大
3	變大	變大	變大
4	變大	變大	變大
5	變大	變大	變大
次數編號	**角度 A-1**	**角度 A-2**	**角度 A-3**
1	變小	變小	變小
2	變小	變小	變小
3	變小	變小	變小
4	變小	變小	變小
5	變小	變小	變小

方法二

短暫輕碰(摩擦 40 下，碰觸 0.5~3 秒，濕度 50%~75%)		
碰觸移離後閉合(次數)	碰觸後帶電，與帶電體電性相同(次數)	碰觸後帶電，與帶電體電性相反(次數)
457 次	51	6
接觸時間增長(摩擦 40 下，碰觸 10~30 秒，濕度 50%~75%)		
碰觸移離後閉合(次數)	碰觸後帶電，與帶電體電性相同(次數)	碰觸後帶電，與帶電體電性相反(次數)
279	35	55

分析與討論：

1. 方法一 A-1　A-2　A-3 的角度變小，以及 B-1 B-2 B-3 的角度變大，均可說明靜電感應現象造成的結果。(見下圖說明)

		
1.靠近帶正電驗電瓶時，上方金屬桿會有電荷分離的靜電感應產生，因此 A1 變大，B1 變小。	2.帶電體靠近，上方感應更多電荷 B2 角度增大，下方則受靜電力而 A2 角度變小。	3.接觸時，是更近距離的感應，導致上方 B3 增大，而 A3 更縮小。

2. 至於方法二的結果更有力地述說了「即使是接觸金屬，大部分的電荷並沒有產生移轉，而僅是讓金屬產生靜電感應，正負電荷分離。」因此當帶電體接觸驗電瓶後，金箔都會張開，但大多數的情況，移離後，金箔則又閉合。
3. 但是實際還是有可能會有部分電荷產生接觸性的移轉，因此當輕碰後使電瓶帶電後，檢驗出兩者互爲同性電的機率還是較大。
4. 當碰觸時間較久，感應使遠端電荷產生尖端放電效應，最後移離後，產生異性電。

主題七、保鮮膜跟靜電的曖昧關係

步驟：

甲、探討同種保鮮膜對不同材質的圓形容器的封口效果。(檢驗容器材質的影響)

乙、探討同種保鮮膜對相同材質不同形狀的容器的封口效果。(檢驗形狀的影響)

丙、將各容器已經上封的保鮮膜互換，檢驗效果的好壞是否改變(保鮮膜與容器兩者間的作用因素造成的？)

丁、在容器內放入未帶靜電的小保麗龍球(可用細小紙屑代替)，將保鮮膜封住容器後倒轉再轉正，觀察小保麗龍球是否被吸附(驗證保鮮膜撕下後的靜電量)

戊、保鮮膜撕下後，以各種不同方法去靜電，再比較封口效果的變化：

A　用金屬棒滾動接觸保鮮膜（使電荷被導走）

B　以手觸摸各個地方（將靜電接地）

C　用小水柱沖保鮮膜，再以紙張輕觸擦乾

己、保鮮膜撕下後，除了本身產生的靜電之外，增加其靜電量，再比較封口效果的變化：

A　用毛皮摩擦

B　用絲絹摩擦

C　用綿布摩擦

庚、試驗將不同品牌的保鮮膜，包覆相同的陶瓷碗容器。

A　先觀察其剛撕下後產生的靜電量及包覆效果

B　去靜電處理後，觀察封口效果變化

C　加靜電處理後，觀察封口效果變化

結果與紀錄分析：

檢驗甲：以相同的保鮮膜(丙廠牌保鮮膜)對不同材質的圓型容器做封口比較。

結果：玻璃≒陶瓷＞金屬＞塑膠＞紙製品

檢驗乙：比較相同材質不同形狀的容器，觀察是否受到容器形狀影響。

結果：整體而言效果不變，與形狀無太大關連，

結果：玻璃≒陶瓷＞金屬＞塑膠＞紙製品

比較相同材質不同形狀的容器

檢驗丙：將封口效果相異的容器上的保鮮膜互換，觀察比較。

原本封口效果好	原本封口效果差		對調結果
陶瓷杯	鐵碗	保鮮膜對調	陶瓷杯＞鐵碗封口效果
陶瓷碗	紙杯		陶瓷碗＞紙杯封口效果
玻璃碗	塑膠杯		玻璃碗＞塑膠杯封口效果
玻璃碗	塑膠碗		玻璃碗＞塑膠碗封口效果

檢驗丁：封口前在容器內放保麗龍小球，封口後將各容器倒轉，發現小球會吸附在保鮮膜上，表示撕下的保鮮膜已經帶有靜電。

效果比較：撕下後的靜電量比較：甲廠牌保鮮膜靜電量相當多，乙廠牌也帶有靜電，丙靜電荷甚少，丁撕下後幾乎驗不出靜電。
以小保麗龍小球檢驗保鮮膜一撕下後的靜電量多寡
檢驗戊 A：(去靜電處理後再封口)未封口前用金屬棒先將保鮮膜上滾過幾次。
效果比較：效果幾乎不變，玻璃≒陶瓷＞金屬＞塑膠＞紙製容器
檢驗戊 B：(去靜電處理) 未封口前用手摸過保鮮膜，使其上的靜電被充分消除。
效果比較：玻璃≒陶瓷＞金屬＞塑膠＞紙製容器
檢驗戊 C：(去靜電處理) 未封口前將保鮮膜過水處理，也就是說，將可能有的靜電先行消除後，再做實驗。
效果改變：陶瓷和玻璃碗效果變差，塑膠和金屬杯封口效果反而比較好
過水(去靜電處理) 以毛布充分摩擦(加靜電處理)
檢驗己：加靜電處理(用毛皮摩擦)，看是否會增大其黏貼效果？
檢驗庚：試驗將不同品牌的保鮮膜，包覆容器，並先觀察其剛撕下後產生的靜電量

檢驗**戊己庚**結果：

1.甲廠牌(PVC)

A.撕下瞬間就帶有很強的靜電，此時封口效果：很好

B.去靜電處理後(很難去除其靜電，包括以金屬碰觸、以手接觸、泡水等，花了很久才除去靜電) 此時封口效果：變差

C.加靜電處理：效果不變

2 乙廠牌(PVDC 聚偏二氯乙烯)

A.撕下瞬間有靜電，封口效果：佳

B.去靜電處理，效果：不變

C.加靜電處理，效果：沒多大改變

3.丙廠牌（PVC＋脂肪多鹽基酸脂類＋環氧大豆油）

A.撕下瞬間有靜電，封口效果：好

B.去靜電處理後：效果沒有大變化

C.加靜電：效果沒有大變化

4. 丁廠牌（PE）

A.撕下瞬間，幾乎沒有靜電產生，封口效果：稍差

B.去靜電處理後：不變

C.加靜電處理後：變差

一撕下來就有明顯的靜電現象	不同品牌的保鮮膜包覆容器

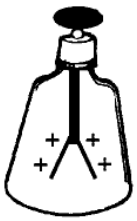
陸、總結論：

從上述各項靜電細節深入檢驗所獲得的訊息，整理如下：提醒全世界教科書及物理教學上的留意。

一、 主題一：物體互相摩擦，因爲得失電子能力不同，無論是導體或絕緣體哪種材質彼此間的摩擦，基本上一得一失後會使兩者帶異性電。對絕緣體而言，因爲不具備自由電子，摩擦後的電場並不均勻，而且摩擦面的背後基本上不會有類似電容的效應產生。

二、針對所有教科書中「接觸起電」的理論必須重新審慎解釋：

1. 實驗顯示，帶電體接觸導體時，還是會有部分電荷產生移轉給金屬，使之帶同種電，但在前後應該已達一千多次的測試過程，發現這種移轉並不容易達成。
2. 現在日常生活中容易帶電的各種聚合物塑膠類，經由摩擦帶電後，其電荷相當不容易藉由各種「接地」方式去除。無論是接觸金屬、手觸、噴水、接觸地面……。
3. 當「帶電量較多」的絕緣材質接觸金屬較長的時間時，因爲電荷不易產生移轉，所以此時的接觸反而產生了更多的靜電感應，吸引了金屬上的異性電荷，而金屬上遠端的同種電荷則因「漏電」-可能來自空氣中的尖端放電效應或手觸接地等原因，導致最後被接觸的金屬是帶異種電的。(見下圖說明)

			
假設負電帶電體靠近電中性金屬	接觸較久時間，感應的末端經由尖端放電流失到空氣中(有此效果產生，隨時間增加及濕度有關)。	若改以手觸接地，則同性電導走更多，最後的「淨電量」會更強。	所以接觸起電後，最後大多帶不同電性。

4. 這樣的理論修正可以解釋我們實驗過程中出現的「靈異現象」:
   (1) 主題二甲的「接觸起電」爲何短暫接觸大多不帶電或極少帶同性電；接觸較久除了依舊不帶電之外，出現異性電性機率相對較高。
   (2) 主題二丁的「接觸接地起電」造成金箔張開角度是所有起電方式中最大的(經常是 180 度，接觸後的近距離感應後接地反而能保留更多異性電)。
   (3) 主題四的空鋁罐，因受到近距離感應出異性電，遠端同性電接地而走，靜電吸引力反而更大。
   (4) 主題四的細絲尼龍繩，可以緊緊地跟你玩黏巴達遊戲，便是這個道理。
   (5) 主題七保鮮膜的各種去靜電處理不易達成，可驗證上面解說中的前提「某些絕緣物質的靜電很難導走」。
   (6) 主題六的活動可以明確的證實上述理論的修正！

三、絕緣體把金屬中電荷導走的能力，恰好跟上面相反：

1. 從主題五的結果，發現很多的「絕緣物質」將帶電金屬接地的能力遠比我們想像中的好！只能修正說，在一般的電壓下，其電流小到不易測量，所以稱之爲絕緣體。但若這樣的引申會讓一般師生認爲其接地效果不佳，可能要重新修訂此說法！
2. 空氣中的濕度的確會影響靜電的保留。但經由抽絲剝繭的探討得知，大部分人會認爲是這些物質所含的水份造成主題五的奇特現象，實則不然！「水份」背了這個黑鍋好久啦！導走電荷的最佳主角不是水分，而是你那可愛的小手！即使是 PVC 水管之類的聚合物，竟然也可以經由近距離的人手傳導電荷。
3. 即使隔著所謂的絕緣物質，「手」在「接地」主題仍扮演著最佳主角！雖然它是相對容易得到正電荷(其實是很好心地給予了本身的電子)，但依據我們測試的結果，無論讓金屬帶正或是負電荷，手同樣容易把電荷導走，其鋒芒依舊閃耀！反而是跌破大家眼鏡的接觸物體影響程面相對不那麼重要了。
4. 靜電的移轉，實際上比我們想像中的還要容易，日常生活中有很多我們認爲應該屬於「絕緣體」的物質，其實是很容易經由觸摸將金屬上的電荷移轉到達我們的身上，微量的電荷，對我們造成的感受其實是很不明顯的，但是在應用到高科技產業時，我們的這些發現，應該可以提供更多的注意與持續研究！
5. 雷電天時，千萬別以爲你穿的特別品牌高級絕緣鞋能保護你，錯啦！除此之外，有時候，我們會聽到這樣的說法，對於被電擊的人，可以使用乾燥長竹竿或厚棉被去「拯救」他。做完了這系列的檢驗，發現這是個極端錯誤的想法，還是有非常的必要性向社會大眾宣導，以免在錯誤的觀念下，讓自己也被電給「強吻」了。

四、延伸生活靜電經驗：

1. 別再說保鮮膜是利用靜電效果來達成封口了啦！除了一般市面上題庫系統(包含國中及高中)出現外，甚至我們尋找國內以往的中小學科展，發現還是存在著很多這方面錯誤的結論！
2. 事後求證的結果發現，保鮮膜在製造過程中，其實是添加了黏著劑，這點已經由製造工廠工程師證實了，甚至我們找到了一種保鮮膜，其黏著劑添加的相當誇張，幾乎有點像是膠帶，撕下來卻幾乎沒有任何靜電(見右圖)。既然如此，之前的錯誤說法應該就此打住，別再誤導大眾學子了！

柒、參考資料：

1. 國中理化課本第三冊，國立編譯館，87 年版
2. 自然與生活科技課本，國立教育研究院籌備處，95 年版
3. 大氣的電場，p93，自然與生活科技教師手冊，國立教育研究院籌備處，2007
4. Paul G. Hewitt 著，陳可崗譯，觀念物理 V 電磁學 • 核物理，天下文化，2001
5. 世界衛生組織 實況報導 299 號 電磁場與公眾健康，2006 年 3 月
6. nature 雜誌 Moon too static for astronauts? ，2007
   http://www.nature.com/news/2007/070129/full/070129-16.html
7. 台灣師大物理教學示範實驗室，2007
   http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/wwwboard0/messages/147.html
8. 如何正確認識帶電導體接地問題 中學資源網(中國大陸)，2006
   http://www.zxzyw.cn/Html/Article/1338.html
9. Dr.Jiusheng Huang、劉尚合著，經典靜電學史與現代靜電技術 中國<<物理>>第 1 期，1997
10. Static Electricity Learn about static charge & static shocks by Science Made Simple， http://www.sciencemadesimple.com/static.html
11. 如何做好靜電實驗，教育技術裝備網，2008，
    http://jyzb.jyjy.net.cn/Article/ShowArticle.asp?ArticleID=125
12. 科學與藝術的對話http://pei.cjjh.tc.edu.tw/
13. http://www.fhsh.tp.edu.tw/sub/subject04/chen/electricity/electricity_09.htm
14. 靜電產生器：http://www.homejoin.com.tw/New_Folder/newpage11.htm
15. 張文亮，《科學發展》月刊，2002 年 9 月號，357 期，42～47 頁。
16. 余宣賦、程冠博，《科學發展》月刊，2006 年 12 月，408 期，18～23 頁。
17. 中原大學教育研究所 http://teacher.cycu.edu.tw/chemistry/new_page_27.htm
18. 圖書館專業服務網站 http://www.library.com.tw/emf/anywhere.htm
19. 教育部學習加油站 http://content1.edu.tw

【評語】031614

1. 本研究討論靜電理論各項觀察結果，提出”靜電理論不完善”的大膽結論，就研究的”大膽假設”而言，值得鼓勵。
2. 研究上變因的控制不完善，因而得到與理論不一致的結果，用此挑戰理論，有些薄弱。
3. 認知上對導體及非導體的絕對性可能導致研究上的偏見。同時團隊合作上可以加強。