

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

030106

臺北市立北投國民中學

指導老師姓名

蕭純文

莊啟志

作者姓名

陳芷瑩

張若瑩

張家瑋

曾翊寧

中華民國第 44 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：搶奪電子大作戰-討論物體失去電子的能力對摩擦後電量的影響

關 鍵 詞：靜電、摩擦起電、驗電箱 （最多三個）

編 號：

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由國立臺灣科學教育館統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

壹、摘要

本實驗主要是研究物體互相摩擦後的帶電情形。研究後發現：大多數的物體在互相摩擦後可以帶電，且所帶的電性恰是相反的。當易失去電子的物體與較不易失去電子的物體互相摩擦時，易失去電子的物體會帶正電。從比較各種物體摩擦後對帶正電驗電器的影響，可依序排出各種物體失去電子的難易程度。除此，本實驗更進一步討論：『是否失去電子難易度相差越多的物體互相摩擦，會產生越多的電？』結果發現最容易失去電子的壓克力板，分別與尼龍、海綿、棉、聚酯等物體摩擦時，並未因失去電子的難易度差異大而產生較多的靜電。較壓克力板不易失去電子的珍珠板，在摩擦後反而產生了較多的靜電。據此推測：物體粗糙程度與導電能力更能影響摩擦所產生的電量。

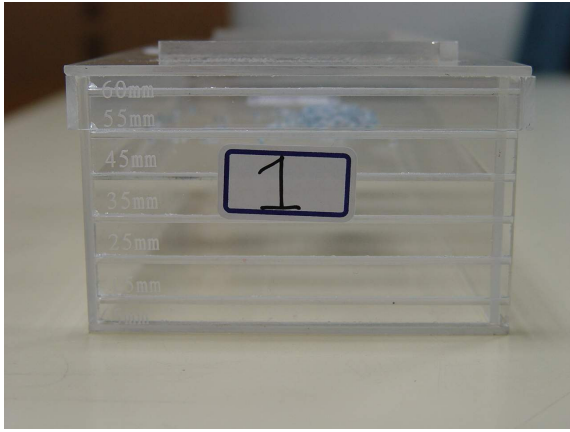
貳、研究動機

去年寒假赴日一遊時，按電梯按鈕時被電了好幾次，這是過去搭電梯從所未有的經驗。當然極度擔心電梯會有問題，後來聽家人說在日本這是常有的現象。在經詢問老師後，終於稍解疑惑，原來此現象與摩擦後的墊板可以吸起頭髮是相同的，都是起因於靜電。但我實在很難將這兩個現象聯想在一起，後來查了資料才知道：脫衣服時聽到的聲音、電風扇容易累積灰塵、免洗筷的塑膠套會黏在手上、運油車會在車上掛一條鐵鍊……我們常見的現象，都與靜電有關。

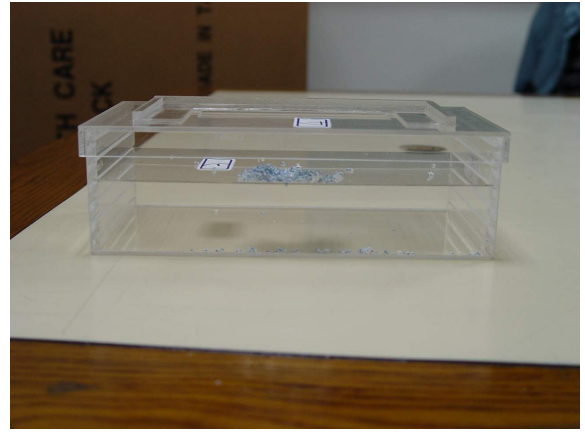
此次我們既有機會參與科展，遂以靜電作為主題，希望對靜電能有更進一步的瞭解也討論一下如何產生大量的靜電，與如何避免靜電的產生。

參、研究目的

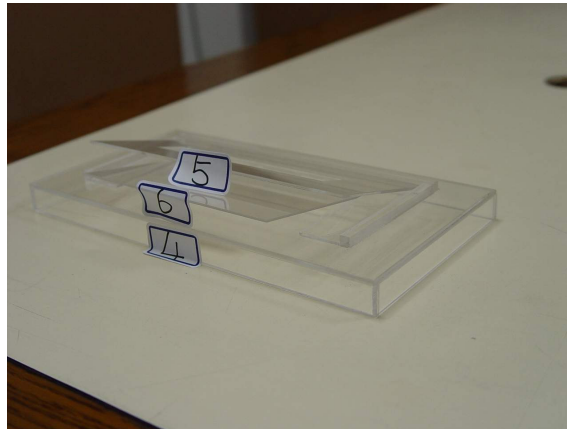
- 一、研究各種物體互相摩擦後所帶的電性，及各種物體在摩擦時得失電子的難易。
- 二、探討濕度與摩擦時間對電量的影響，並選擇適當的條件進行實驗。
- 三、討論物體摩擦後所帶的電量與得失電子難易度的差距是否有相關性。
- 四、設計簡易測量電量的器材。



圖(肆-5) 驗電箱的側觀-1



圖(肆-6) 驗電箱的側觀-2



圖(肆-7) 依序為墊高片、阻斷板、驗電箱蓋

伍、研究方法與步驟

在研究物體摩擦後帶電情形的過程中，必須測量摩擦所產生靜電的電性與電量。測量電性的時候，我們直接利用已經帶有正電的驗電器，觀察驗電器上金箔張合的情形來判斷物體所帶的電性。但測量電量的時候，實驗室沒有測量電量的器材，且電量測量儀器的價格動輒數萬元，我們只好自己設計儀器來測電量。我們想到靜電可以吸引頭髮、小紙片等很輕的物體，可以以吸起小物體的數量來表示電量。於是設計了方便測量電量的驗電箱，並且比較衛生紙球、保麗龍球等物體的效果，最後決定使用衛生紙球。

爲了確定被吸起『衛生紙小球的數目』可以代表物體摩擦後的電量，以及避免『物體失去電子難易度的差異』以外的因素對摩擦後電量的影響，我們分別討論了摩擦時間的影響、濕度的影響、物體與衛生紙球距離的影響，並在往後的實驗將這些變因加以控制，使摩擦後的電量只受摩擦物與被摩擦物的影響。

一、探討各物體互相摩擦後所帶的電性

- (一)、未摩擦的被摩擦物接近不帶電的驗電器，確定物體本身不帶電。
- (二)、未摩擦的被摩擦物接近帶正電的驗電器，作為電性判斷的空白實驗。
- (三)、被摩擦物與摩擦物摩擦，使被摩擦物與摩擦物帶電。
- (四)、摩擦後的被摩擦物接近不帶電的驗電器，確定被摩擦物本身帶電。
- (五)、摩擦後的被摩擦物接近帶正電的驗電器，依驗電器上金箔的張合判斷物體的電性。

二、摩擦時間對物體摩擦後所帶電量的影響

- (一)、選海綿與珍珠板為摩擦物與被摩擦物。
- (二)、珍珠板與衛生紙球的距離為 9mm。
- (三)、冷氣機溫度設定為 20°C，開機 1 小時(圖伍-1~2)，空氣中的濕度會固定為 49~50%。

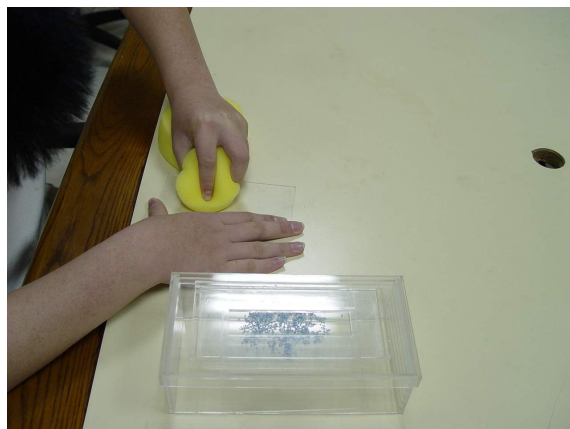


圖(伍-1)冷氣房的溫度設定 20°C



圖(伍-2)濕度固定在 50%

- (四)、將海綿與珍珠板依圖(伍-3~4)的摩擦方法，用力摩擦 5 秒後，測量珍珠板吸起衛生紙球的數目，並且重複此實驗 10 次，將 10 次的結果加以平均。



圖(伍-3~4)摩擦物體時，手持摩擦物與被摩擦物的方法

- (五)、重複步驟 (一) ~ (四)，把時間增加為 10 秒、15 秒、……50 秒。

三、物體與衛生紙球的距離對吸起衛生紙球數目的影響

- (一)、選海綿與珍珠板為摩擦物與被摩擦物。
- (二)、珍珠板與衛生紙球的距離控制為 6mm。
- (三)、空氣的濕度控制為 49~51%。
- (四)、將海綿與珍珠板依圖(伍-3~4)的摩擦方法，用力摩擦 30 秒。測量珍珠板吸起衛生紙球的數目，並重複實驗 5 次，將 5 次的結果加以平均。
- (五)、重複步驟 (一) ~ (四)，將距離改為 09mm、12mm……。

四、濕度對物體摩擦後所帶電量的影響

- (一)、選海綿與珍珠板為摩擦物與被摩擦物。
- (二)、珍珠板與衛生紙球的距離為 15mm。
- (三)、將海綿與珍珠板依圖(伍-3~4)的摩擦方法，用力摩擦 30 秒。測量珍珠板吸起衛生紙球的數目，並且重複實驗 5 次，將 5 次的結果加以平均。
- (四)、另選三日濕度分別為 36%、56%、74%，分別重複步驟 (一) ~ (三)。

五、物體失去電子難易度的差異對物體摩擦後所帶電量的影響

- (一)、將空氣的濕度控制為 49~51%。
- (二)、使摩擦後的物體與衛生紙球的距離固定為 9mm。
- (三)、將尼龍與壓克力依圖(伍-1~2)的摩擦方法，用力摩擦 30 秒。測量壓克力吸起衛生紙球的數目，並重複實驗 10 次，將 10 次的結果加以平均。
- (四)、重複步驟 1~3，將尼龍依序改為海綿、棉、聚酯。
- (五)、將壓克力板改為珍珠板，並且重複步驟 (一) ~ (四)。

六、物體表面粗糙程度對物體摩擦後所帶電量的影響

- (一)、將空氣的濕度控制為 49~51%。
- (二)、使摩擦後的物體與衛生紙球的距離固定為 9mm。
- (三)、以 150CW 的砂紙摩擦塑膠板約 30 分鐘。
- (四)、將海綿與塑膠板依圖(伍-1~2)的摩擦方法，用力摩擦 30 秒。測量壓克力吸起衛生紙球的數目，並重複實驗 10 次，將 10 次的結果加以平均。
- (五)、將砂紙的規格依序改為 220CW、320CW……重複步驟 (一) ~ (四)。

陸、研究結果

一、探討各物體互相摩擦後的所帶的電性

表一 各物體互相摩擦後使帶正電驗電器的張合情形

		被 摩 擦 物									
		壓克力板	珍珠板	玻璃棒	塑膠尺	切割板	氣球	軟塑膠板	PVC墊板	紙板	鐵片
摩 擦 物	尼龍	張	合	合	合	合	合	合	合	×	×
	毛皮	張	張	合	合	合	合	合	合	×	×
	海綿	張	張	合	合	合	合	合	合	×	×
	不織布	張	張	張	合	合	合	合	合	×	×
	絲巾	張	張	張	張	合	合	合	合	×	×
	棉	張	張	張	張	合	合	合	合	×	×
	嫆縈	張	張	張	張	合	合	合	合	×	×
	聚酯	張	張	張	張	張	合	合	合	×	×
	橡膠	張	張	張	張	張	合	合	合	×	×

其中，毛皮與海綿，嫆縈、絲巾與棉，聚酯與橡膠，氣球、軟塑膠板與 PVC 墊板的實驗結果相同。無法比較這些物體失去電子的難易度，於是我們加做下列的實驗：

(一) 海綿與毛皮互相摩擦

海綿&毛皮		
	海綿	毛皮
驗電器	合	無反應

⇒失去電子的能力：毛皮>海綿。

(二) 橡膠與聚酯互相摩擦

橡膠&聚酯		
	橡膠	聚酯
驗電器	合	張

⇒失去電子的能力：聚酯>橡膠。

(三) 氣球、軟塑膠板、PVC 墊板互相摩擦：

	PVC 板	氣球	軟塑膠	氣球	軟塑膠	PVC 板
驗電器	合	張	合	張	張	合

⇒失去電子的能力：氣球>軟塑膠板>PVC 墊板。

(四) 嫆縈、絲巾、棉互相摩擦：

	嫆縈	絲巾	絲巾	棉	嫆縈	棉
驗電器	張	合	張	合	張	合

⇒失去電子的能力：嫆縈>絲巾>棉。

⇒總結，各物體失去電子的能力依序為：壓克力>尼龍>珍珠板>毛皮>海綿>玻璃>不織布>塑膠尺>嫆縈>絲巾>棉>切割板>聚酯>橡膠>氣球>軟塑膠板>PVC 墊板。

二、摩擦時間對物體摩擦後所帶電量的影響

選用海綿與珍珠板互相摩擦，將空氣的濕度控制在 50%，且珍珠板與衛生紙球的距離固定為 9mm，分別摩擦 5 秒、10 秒、15 秒、20 秒、25 秒、30 秒、35 秒、40 秒、45 秒、50 秒等，將被吸起的衛生紙球數目紀錄，結果如下表：

表二 海綿與珍珠板經過不同的摩擦時間後，所吸起衛生紙球的數目

摩擦時間	海綿摩擦珍珠板					平均
5秒	10	14	17	14	12	13.40
10秒	19	27	14	25	32	23.40
15秒	28	34	41	45	38	37.20
20秒	38	44	40	49	40	42.20
25秒	38	40	43	42	50	42.60
30秒	49	43	45	47	42	45.20
35秒	45	50	41	44	40	44.00
40秒	35	50	36	47	34	40.40
45秒	50	38	51	46	34	43.80
50秒	54	27	47	50	42	44.00

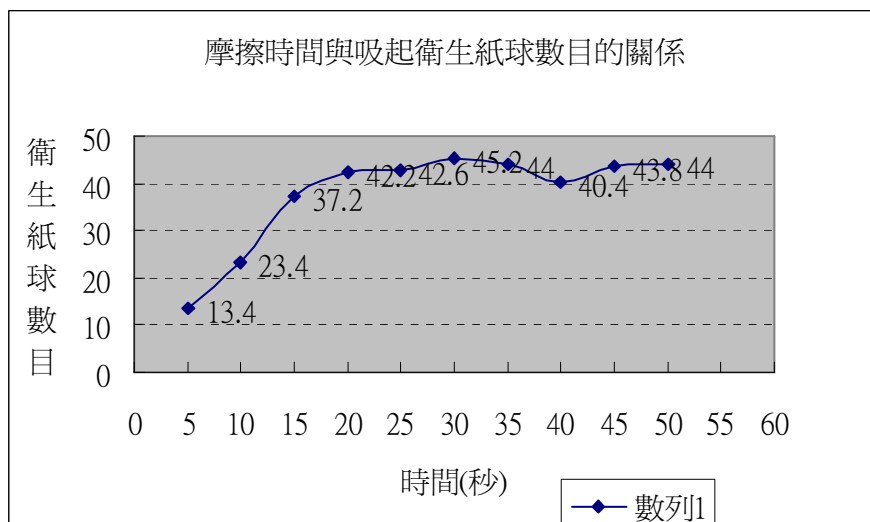


圖 2：摩擦時間與吸起衛生紙球數目的關係

⇒ 大約經過 20 秒鐘的摩擦後，被吸起的衛生紙球的數目即達到最大值。

三、物體與衛生紙球的距離對吸起衛生紙球數目的影響

選用海綿與珍珠板互相摩擦，將空氣的濕度控制在 50%，且固定摩擦的時間 30 秒，利用不同數目的墊高片與墊高板，使珍珠板與衛生紙球的距離分別為 6mm、9mm、12 mm、15 mm、18 mm、21 mm 等，將被吸起的衛生紙球數目紀錄，結果如下表：

表三 珍珠板與衛生紙球的距離不同時所吸起的衛生紙球數目

距離	海綿摩擦珍珠板					平均
6mm	60	49	63	61	73	61.2
9mm	63	56	40	54	67	56
12mm	40	54	58	56	38	49.2
15mm	38	32	36	43	47	39.2
18mm	28	25	18	24	30	25
21mm	6	9	4	13	10	8.4

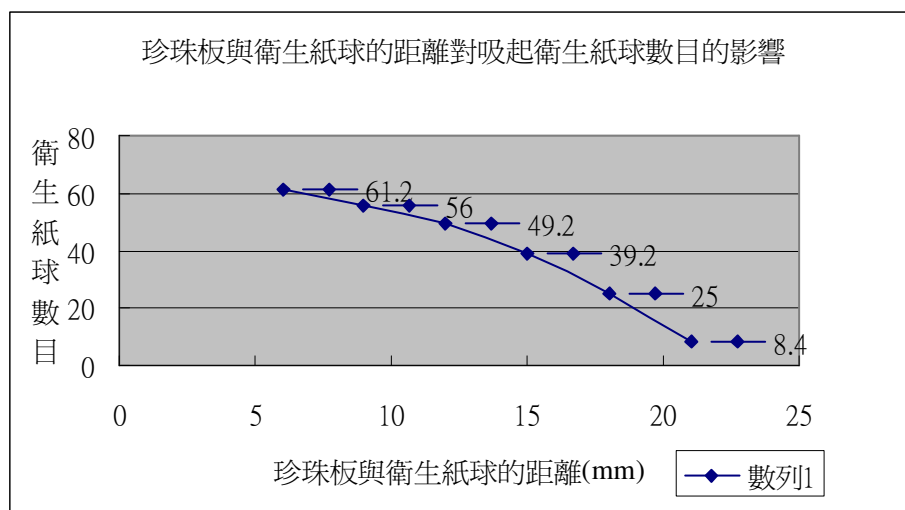


圖 3：珍珠板與衛生紙球的距離與吸起衛生紙球數目的關係

⇒衛生紙球的數目會隨著距離的增加而緩慢的減少，但超過某些特定的距離後，衛生紙球的數目就會急遽的減少。

四、濕度對物體摩擦後所帶電量的影響

挑選四個天氣狀況不同的日子(濕度不同)，選用海綿與珍珠板互相摩擦，固定摩擦的時間 30 秒，且固定珍珠板與衛生紙球的距離分別為 15mm，將被吸起的衛生紙球數目紀錄，結果如下表：

表四 不同濕度時所吸起的衛生紙球數目

濕度	海綿摩擦珍珠板					平均
	36%	51	46	45	57	
50%	33	35	38	37	45	37.60
56%	32	37	34	28	34	33.00
74%	16	6	7	9	3	8.20

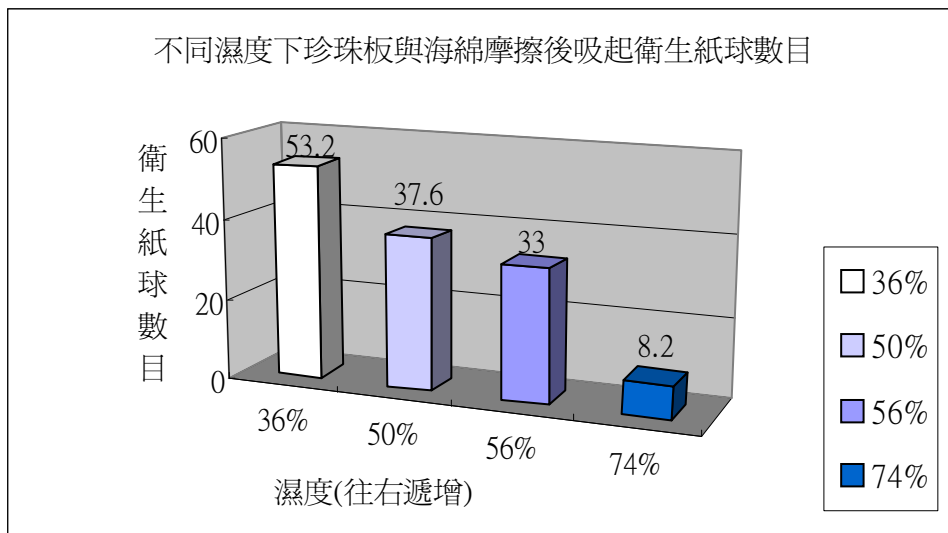


圖 4：濕度與吸起衛生紙數目的關係

⇒濕度越大，摩擦後產生的電量越少。

隨著冷氣機持續的運轉，空氣濕度變化的情形：

時間(分鐘)	0	20	40	60	80	100	120
三月十七日	60%	54%	50%	50%	49%	50%	50%
三月十八日	56%	51%	50%	50%	49%	50%	51%

五、失去電子難易度的差異對物體摩擦後所帶電量的影響

利用冷氣機定溫 20°C，把空氣的濕度控制在 50%，分別使用尼龍、海綿、棉、聚酯來摩擦珍珠板，控制摩擦時間為 30 秒，且控制珍珠板與衛生紙球的距離為 9mm，將被吸起的衛生紙球數目紀錄，結果如下表：

表五之一 珍珠板與不同物體摩擦後，吸起衛生紙球數目

	珍 珠 板										平均
尼龍	24	52	26	34	39	31	53	27	24	49	35.90
海綿	67	44	79	40	58	65	75	63	37	53	58.10
棉	1	3	3	7	1	5	0	3	0	0	2.30
聚酯	14	18	12	16	14	18	22	12	16	12	15.40

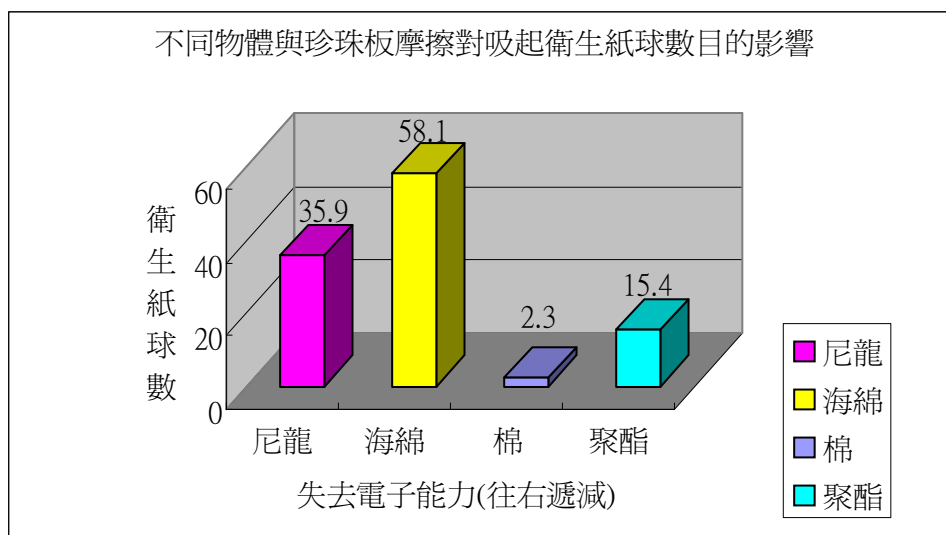


圖 5-1：失去電子能力與吸起衛生紙球數目的關係(珍珠板)

⇒與珍珠板失去電子能力差異較小的尼龍與海綿，摩擦後所產生的電量反而比差異較大的棉與聚酯多。

利用冷氣機定溫 20°C，把空氣的濕度控制在 50%，分別使用尼龍、海綿、棉、聚酯來摩擦壓克力板，控制摩擦時間為 30 秒，且控制壓克力板與衛生紙球的距離為 9mm，將被吸起的衛生紙球數目紀錄，結果如下表：

表五之二 壓克力板與不同物體摩擦後，吸起衛生紙球數目

	壓 克 力										平均
	28	26	21	14	13	24	41	21	19	38	
尼龍	28	26	21	14	13	24	41	21	19	38	24.50
海綿	33	23	39	63	41	36	25	50	28	42	38.00
棉	0	2	3	0	2	0	1	8	0	2	1.80
聚酯	10	13	11	18	8	12	4	12	12	6	10.60

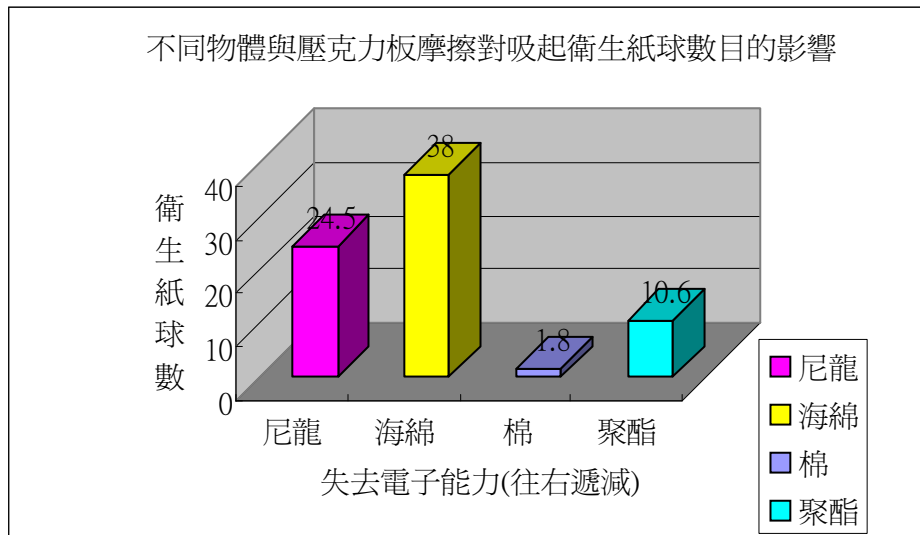


圖 5-2：失去電子能力與吸起衛生紙球數目的關係(壓克力板)

⇒與壓克力板失去電子能力的差異分別為聚酯>棉>海綿>尼龍，摩擦後的電量並沒有失去電子能力差異小、電量少的規律性。

⇒總結：壓克力板的摩擦效果較珍珠板的效果差，而四種摩擦物的效果依序為海綿>尼龍>聚酯>棉。摩擦產生的電量與物體本身的性質有較大的關係，與兩者之間失去電子能力的差異無明顯關係。

六、 物體表面粗糙程度對物體摩擦後所帶電量的影響

將空氣濕度控制在 49~51%、摩擦時間為 30 秒、塑膠板與衛生紙球的距離為 9mm。以不同粗糙程度的砂紙摩擦塑膠板，將不同粗糙程度的塑膠板與海綿摩擦、紀錄衛生紙球數目，結果如下表：

表六 不同粗糙程度的塑膠板與海綿摩擦後，吸起衛生紙球數目

	海綿摩擦PVC塑膠板										平均
150CW	50	61	36	49	56	42	48	52	39	47	48.00
220CW	61	76	61	71	52	70	55	62	61	50	62.00
320CW	74	66	68	68	70	78	65	65	66	74	69.30
400CW	64	69	57	76	69	71	60	76	69	72	68.30
800CW	60	68	56	64	62	65	58	64	55	62	61.40
1200CW	65	57	58	51	63	54	58	51	62	53	57.20
1500CW	37	45	40	55	32	49	41	59	37	53	44.80

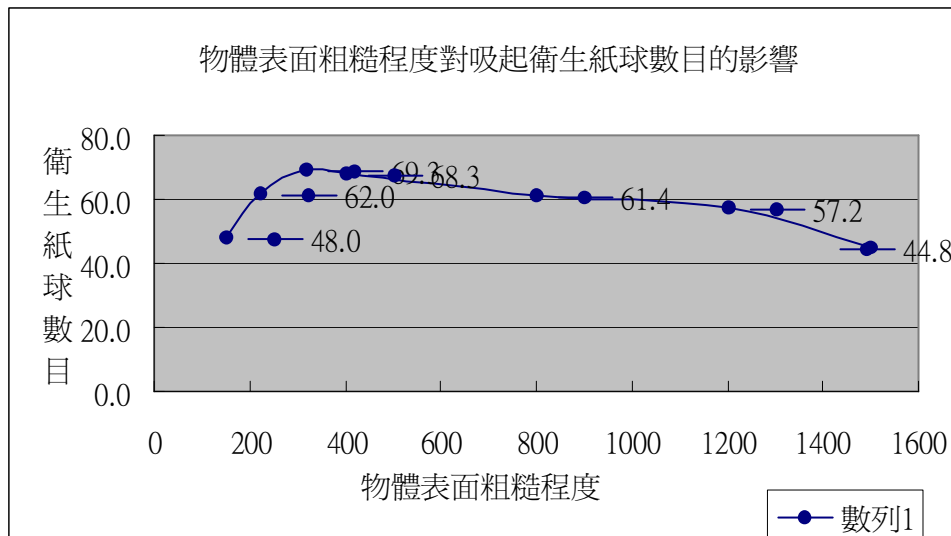


圖 4：物體表面粗糙程度與吸起衛生紙數目的關係

⇒物體表面越粗糙，摩擦會產生越多的電；但超過 320~400CW，物體表面越粗糙，摩擦會產生的電越少。

柒、討論

一、 探討各物體互相摩擦後的所帶的電性

物體互相摩擦後兩者都會帶電，而且是帶電性相反的電。例如：圖(柒-1)~圖(柒-4)，互相摩擦後的海綿帶正電，使金箔張開；而塑膠尺帶負電，使金箔閉合。其他的物體兩兩摩擦也會使兩者都帶電，且電性相反的現象。



圖(柒-1) 海綿摩擦塑膠尺



圖(柒-2)未受影響的驗電器



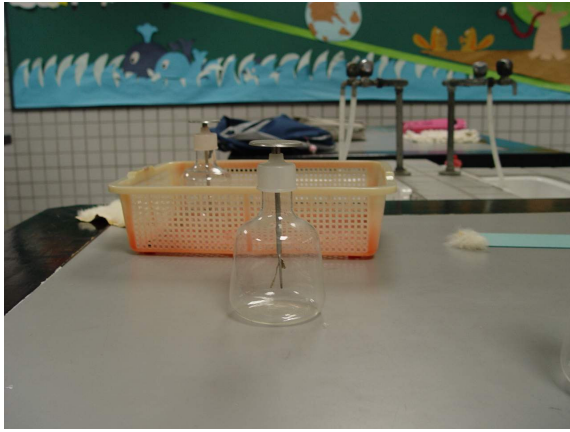
圖(柒-3) 塑膠尺使驗電器閉合



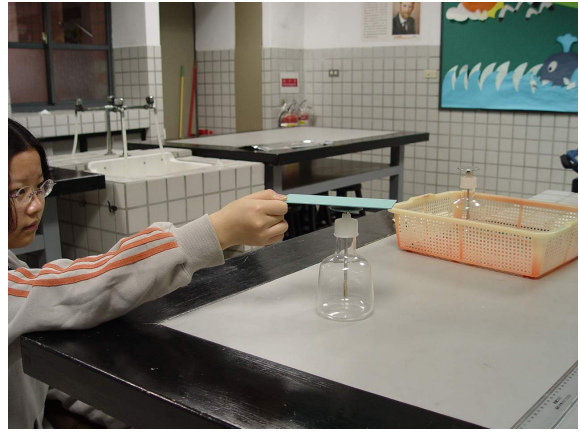
圖(柒-4)海綿使驗電器張開

在檢驗物體摩擦後電性的時候，我們發現大部分的物體在不帶電的情況下會使驗電器的金箔稍微下垂 (由圖柒-5 與圖柒-6 可觀察到此現象)，尤其是導電能力佳的紙片效果最明顯。可能是易導電的物體在接近驗電器時，會被驗電器上的電感應起電，使兩者的電互相吸引而減少金箔上的電量，所以必須進行空白實驗。

除此之外，有少數的物體在接近帶電的驗電器時，會使驗電器的金箔張開。經過長時間的觀察後，我們猜測這些物體是有帶電的，只是帶電驗電器的敏銳度比不帶電驗電器高，使不帶電驗電器產生誤判。



圖(柒-5) 帶電的驗電器



圖(柒-6)不帶電的紙板使驗電器閉合

二、摩擦時間對物體摩擦後所帶電量的影響

物體在互相摩擦後，會產生靜電，隨著摩擦時間的增加，所產生的靜電也會逐漸的增加。但摩擦的時間超過 20 秒之後，電量不會再增加，甚至常出現電量特別少的現象。電量不再增加的原因可能為：(1)珍珠板上靜電增加，使珍珠板上靜電的消失速度加快。(2)珍珠板上的正電與海綿上的負電接觸後會互相抵銷。摩擦時間過長容易出現電量特別少的現象。可能是摩擦時間過長，手臂無法持續穩定的施力所造成，於是我們都將摩擦時間定為 30 秒，確保物體的帶電量能達到最大值。

三、物體與衛生紙球的距離對吸起衛生紙球數目的影響

隨著珍珠板與衛生紙球距離的增加，衛生紙球的數目會逐漸減少，但減少的量很不明顯(6mm~15mm)。此實驗結果與庫侖定律相差甚遠，衛生紙球的數目只些微的受到距離的影響。原因可能為：庫侖定律只適於討論點電荷的靜電力，而珍珠板是在同一平面上分佈了許多的電荷，無法以庫侖定律討論。當距離較遠時(18mm~21mm)，衛生紙球的數目會急遽的減少，原因可能是靜電力小到與衛生紙球的重量很接近。

四、濕度對物體摩擦後所帶電量的影響

濕度越高，空氣中的水蒸氣就越容易將物體的靜電帶走。即使在冷氣房中，固定溫度 20°C 使濕度維持在 49~51% 之間進行摩擦，摩擦後產生的電量也會受天氣的影響。可能是摩擦物與被摩擦物所含的水分會受天氣影響，且不似空氣中的水蒸氣那麼容易被冷氣機移除掉。

五、失去電子難易度對物體摩擦後所帶電量的影響

壓克力板分別以尼龍、海綿、棉、聚酯摩擦時，其失去電子能力的差異大小為：尼龍 < 海綿 < 棉 < 聚酯，可是摩擦後所帶的電量卻是：海綿 > 尼龍 > 聚酯 > 棉。

珍珠板分別以尼龍、海綿、棉、聚酯摩擦時，失去電子能力的差異大小為海綿 < 棉

< 聚酯，可是摩擦後所帶的電量卻是：海綿 > 尼龍 > 聚酯 > 棉。而且壓克力板比珍珠板容易失去電子，與四種摩擦物失去電子能力的差異較大，可是實驗結果卻是珍珠板所帶的電比壓克力板多、而且只要用海綿摩擦的，電量就會特別多；用棉摩擦的，電量就特別少。所以『失去電子能力的差異』可能對摩擦後所帶的電量無影響，反而是物質本身的影響較大。

在我們的實驗中，我們發現許多摩擦物上面的靜電幾乎無法停留。此外，進行多次實驗後的珍珠板，容易帶較多的電。推測，物質導電能力與物質表面的粗糙程度對摩擦後所帶電量的影響較大。至於失去電子能力差異這項因素可能要等上面兩項因素控制後才能討論。

六、物體表面粗糙程度對物體摩擦後所帶電量的影響

當砂紙比 400CW 細時，塑膠板過於光滑而不易與海綿摩擦，使越粗糙的塑膠板摩擦後產生越多的靜電；但砂紙比 320CW 粗糙時，摩擦的能量可能大部分用於破壞塑膠板的表面，而少部分用於使電子脫離原子核的束縛，使越粗糙的塑膠板摩擦後產生的靜電越少。

七、其他

在這個整個實驗的過程中，我們發現很多有趣的現象，包含：

- (一)、原本的驗電箱是紙製的，做好了之後才發現根本無法吸引起任何的衛生紙球，後來才發現紙可以把靜電帶走。
- (二)、低濕度時，衛生紙球上的靜電不易被帶走而逐漸累積、帶電，所吸起的衛生紙球就會逐漸減少，所以約半小時就得幫衛生紙球清除靜電一次。
- (三)、置球板上的衛生紙球只能鋪薄薄的一層。鋪太厚時，衛生紙球會互相牽制而不易被吸引上來，有時差距會達兩倍之多。

以上現象，雖然有趣，但也增添實驗上的困擾。我們曾經以驗電器簡略的探討塑膠尺與尼龍、海綿、棉、聚酯摩擦所產生的電量，似較採用驗電箱的方法迅速方便。所以計畫將摩擦後的物體接近帶電驗電器，當驗電器金箔角度的變化達固定值，測量物體與驗電器的距離以表示物體的電量。不過還要經過評估，才能確定是否能比驗電箱的效果更佳。

捌、結論

- 一、所有物體互相摩擦後，一定是一個帶正電、一個帶負電。
- 二、物體摩擦後所帶的電性，取決於物體本身失去電子的能力，且此能力不會因摩擦對象不同而改變，比較物體失去電子的能力就可以預測摩擦後物體所帶的電性。
- 三、物體長時間摩擦後，所帶的電量會達到最大值。
- 四、電荷均勻分佈在平面上時，靜電力受距離的影響很小。
- 五、濕度越大，摩擦後所產生的電量越少。
- 六、物體表面的粗糙程度會影響摩擦所產生的電量。
- 七、物體摩擦所帶的電量與失去電子能力的差異無直接的關係，反而與物體的本身有較大的相關。

玖、參考資料

- 一、國中理化第二冊 第八、十一章 國立編譯館
- 二、簡明高三選修物理(上) 第五章 建宏出版社
- 三、觀念物理(五) 第三十二、三十三章 天下遠見出版社
- 四、物理馬戲團(三) 第六章 天下遠見出版社
- 五、網路資料
 1. <http://www.esd-china.com/BIG/index.html>
 2. http://content.edu.tw/junior/phy_chem/ty_1k/sir/content/cph8/84001.htm
 3. <http://140.127.79.16/~adept/>
 4. <http://www.chjhs.tpc.edu.tw/YiChih/Default.htm>

評語

030106 國中組物理科

搶奪電子大作戰-討論物體失去電子的能力對摩擦後電量的影響

本作品定性分析較多，結論以觀察現象為主，宜對金箔驗電器作為驗電的定量標準。

摩擦起電是一頗複雜的過程，控制變因不易取得有效的控制，應對實驗方法加以改良。

本作品仍不失為可再改進的題目，作者也十分用心作實驗，值得鼓勵。