

屏東縣第 64 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：「靜」速高手，「球」你再快一點～靜電動力球
移動頻率之探討

關 鍵 詞：靜電動力球、靜電感應、靜電

編號：A2005

「靜」速高手，「球」你再快一點～靜電動力球移動頻率之探討

摘要

將鋁箔紙包覆的保麗龍球放進兩端同樣包覆鋁箔紙板的透明塑膠管內，手持一端，另一端以靜電棒靠近，開啟電源後，就會出現保麗龍球快速來回運動的有趣現象。

研究發現，影響靜電動力球移動頻率比較明顯的因素是「動力球」和「塑膠管」兩項。首先，動力球表面的導電效能極為關鍵，動力球的「包覆方式」及「包覆材質」會影響靜電動力球移動頻率。其次，動力球的「球體大小」及「球體材質」也會影響其移動的快慢，但更精確地說，實際影響的因素是動力球的「重量」。此外，靜電動力球表面正負電荷因「分離、吸引、中和、排斥」的過程反覆在塑膠管內來回移動，所以塑膠管「長度」與「兩側包覆材質」的改變，也會影響塑膠管內動力球的移動頻率。

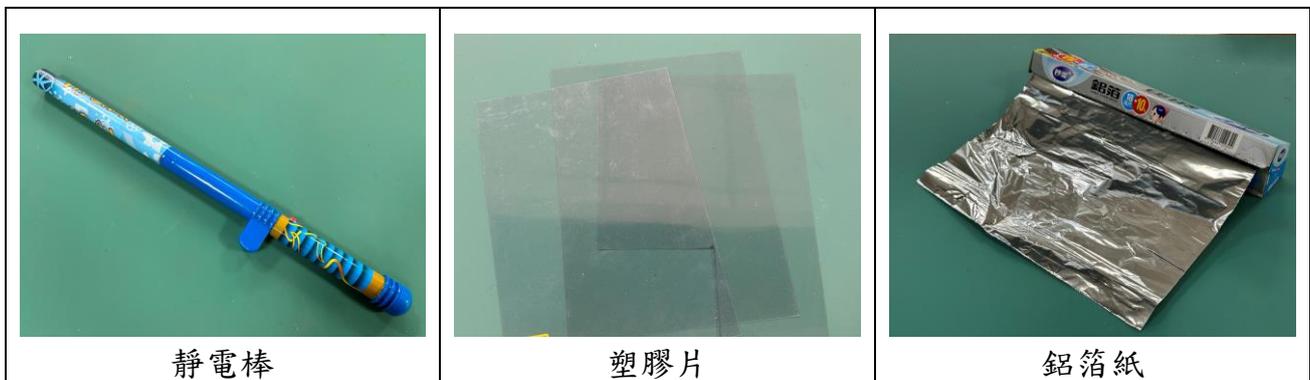
壹、研究動機

還記得四年級自然課「有趣的力」單元，發現生活中有許多力存在的例子，有的力需要觸碰到才能展現出來，而有的不需要接觸，也能使物體移動。有一次，當我們看到網路上靜電動力球的實驗短片，發現只要開啟靜電棒，靠近塑膠管時，就能使管內的保麗龍球快速來回移動，這讓我們覺得很神奇，為什麼保麗龍球會動呢？還是有暗藏什麼機關？老師見我們如此好奇，鼓勵我們自己動手做做看，因此，我們決定蒐集相關資料，組合實驗裝置，設計不同變項來進行測試，探索保麗龍球移動的原因，進一步試著找出能讓球移動頻率更快的方法。

貳、研究目的

- 一、探討不同動力球包覆方式對靜電動力球移動頻率的影響。
- 二、探討不同動力球球體大小對靜電動力球移動頻率的影響。
- 三、探討不同材質球體對靜電動力球移動頻率的影響。
- 四、探討動力球包覆材質不同對靜電動力球移動頻率的影響。
- 五、探討塑膠管兩側材質不同對靜電動力球移動頻率的影響。
- 六、探討不同長度的塑膠管對靜電動力球移動頻率的影響。
- 七、探討不同布料摩擦靜電棒對靜電動力球移動頻率的影響。

參、研究設備與器材

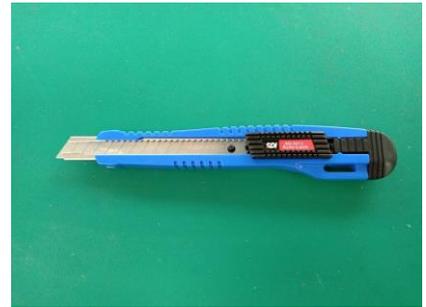




保麗龍球



電子秤



美工刀



剪刀



透明膠帶



雙面膠



膠水



充氣筒



氣球



桌球



毛球



泡棉



棉花



輕黏土



銀箔紙



金箔紙



石墨紙



砂紙(1200cw)



50元硬幣



10元硬幣



絲巾



羊毛布



蠶絲巾



聚酯纖維布



緞面布



素面布



風衣布



平板



計時器



電子式溫濕度計

肆、研究過程與方法

一、研究設計：

(一) 靜電動力球實驗裝置作法：

1. 準備直徑 2 公分保麗龍球為本研究的動力球主體。



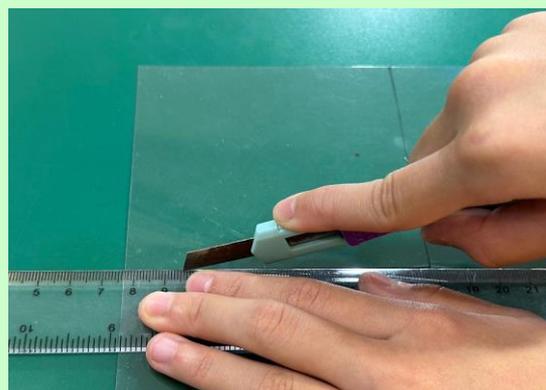
2. 準備鋁箔紙，以球體半徑的一半為寬度，切割寬 0.5 公分的鋁箔紙條。



3. 用鋁箔紙條包住保麗龍球並儘量讓球體表面平整滑順。



4. 準備透明塑膠片，切成長 10 公分、寬 10 公分的正方形。



5. 將裁切好的透明塑膠片繞著膠水罐，剛好可捲成直徑 3 公分的塑膠管，接縫處再以膠帶黏妥。



6. 剪下直徑 3 公分的圓形紙板 2 片，並用鋁箔紙包覆，用膠帶固定在塑膠管兩端，放入保麗龍球，裝置就完成了！



(二) 靜電動力球實驗裝置名稱：



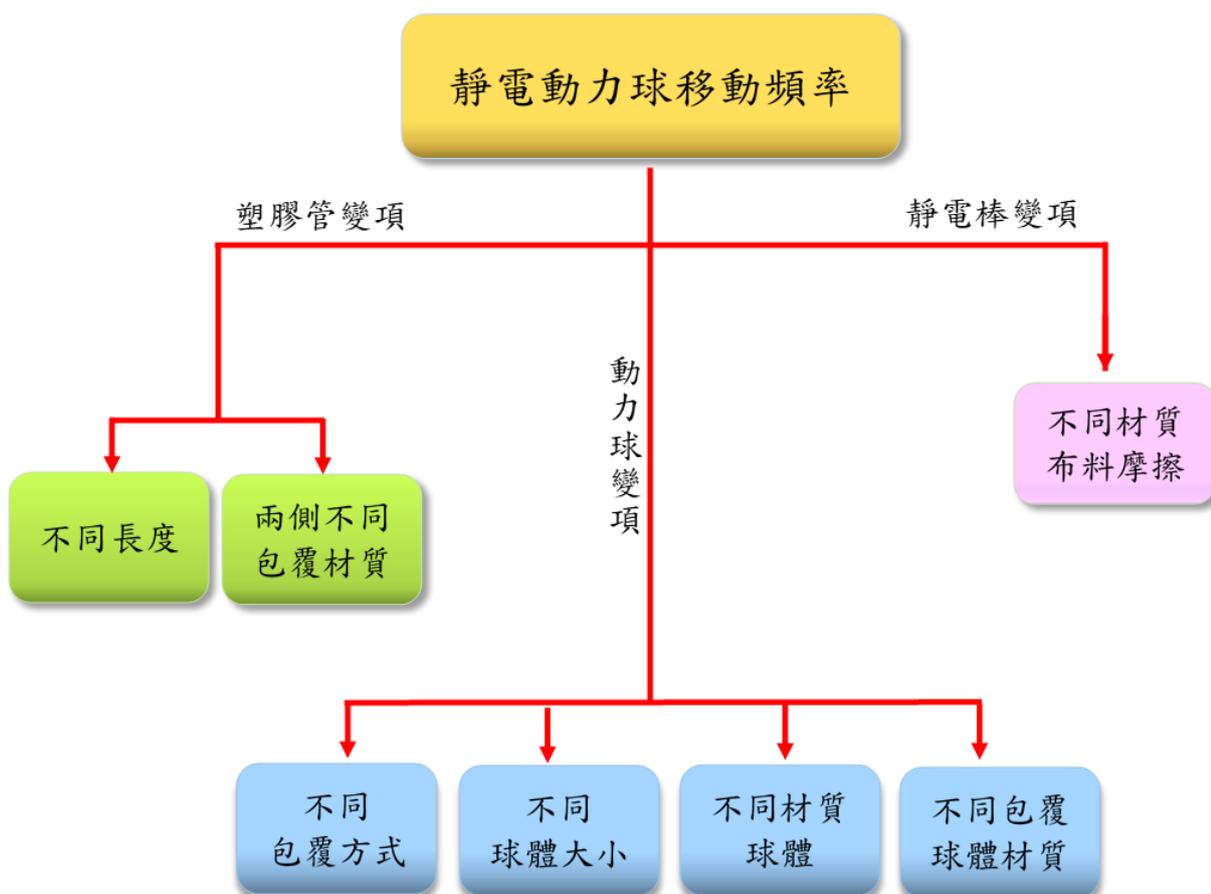
(三) 靜電動力球移動頻率測量方式：

因為空氣濕度因素對實驗結果的影響很大，濕度較低成功率比較高。因此，在進行實驗前，我們會先觀測溼度計，當濕度位於 50%~60%區間我們才進行實驗。首先將動力球放入兩端包覆鋁箔紙材質的塑膠管內，手指捏住塑膠管一側的邊緣，接著開啟靜電棒，等動力球來回移動順暢後，再按下計時器，測試 20 秒內來回移動的次數，過程中，雙手必須懸空不碰觸桌面，避免靜電流失。若動力球移動速度過快，可利用平板錄製影片，再慢速撥放觀察並記錄。



(四) 研究流程：

當包著鋁箔紙的保麗龍球接觸右端靜電棒，靜電棒產生的負電荷中和了保麗龍球的正電荷，剩下負電荷的保麗龍球和同樣帶負電荷的靜電棒相斥而往左邊移動，碰到左邊鋁箔包覆板時，透過左手傳導至地面而流失。接著，又受到靜電棒負電荷的感應，保麗龍球的正電荷集中到右邊，正負電荷互相吸引，使保麗龍球往靜電棒的方向移動，形成保麗龍球左右來回運動的現象。因此，根據研究目的，我們將實驗分成「動力球」、「塑膠管」及「靜電棒」三個主要變項。首先，保麗龍動力球外觀以鋁箔紙包覆，我們嘗試改變「包覆方式」及「包覆材質」，測試動力球外表不同包覆狀態對其移動頻率的影響，此外，動力球的主要球體也是我們想要改變的變項，測試不同的「球體大小」及「球體材質」是否會影響移動頻率。接著，以塑膠管為實驗主角，透過管子「長度」與「兩側包覆材質」的改變，測試是否會影響塑膠管內動力球的移動頻率。最後，將焦點放在產生電荷的靜電棒，若我們在測試前，先用生活中常見的各種「材質布料」摩擦靜電棒，再開啓電源，結果會是如何，藉此比較不同布料摩擦靜電棒對靜電動力球移動頻率的影響。



二、研究過程與討論：

依據研究目的及實驗流程規畫，我們依序進行七個實驗，並將過程與討論記錄下來，內容摘錄如下：

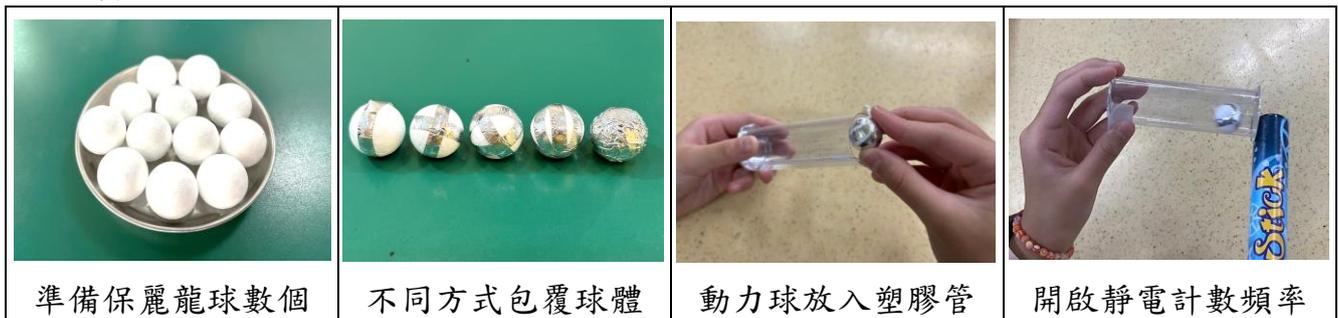
研究一：探討不同動力球包覆方式對靜電動力球移動頻率的影響？

我們以鋁箔紙包覆保麗龍球，不同的包覆方式會影響靜電動力球移動的頻率嗎？我們準備直徑 2 公分的保麗龍球，設計了五種不同包覆方式，分別是「一字形、十字形、⊕字形、米字形、全包」五種，測試靜電動力球在 20 秒內的移動頻率快慢如何。

一、實驗步驟

- (1) 準備直徑 2 公分的保麗龍球數個。
- (2) 切割寬 0.5 公分的鋁箔紙，分別以「一字形、十字形、⊕字形、米字形、全包」五種方式包覆保麗龍球。
- (3) 切割透明塑膠片，捲成管狀，做成長 10 公分，直徑 3 公分的塑膠管。
- (4) 剪下直徑 3 公分的圓形紙板，包覆鋁箔紙，以膠帶固定在塑膠管兩端。
- (5) 依序將不同包覆方式的保麗龍球放入塑膠管內，開啟靜電棒，計數 20 秒內保麗龍靜電動力球來回移動的次數，測試五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



三、實驗結果

不同動力球包覆方式對靜電動力球移動頻率的影響實驗結果如下：

表 1 不同動力球包覆方式對靜電動力球移動頻率的影響

包覆方式	A 頻率 (次/20 秒)	B 頻率 (次/20 秒)	C 頻率 (次/20 秒)	D 頻率 (次/20 秒)	E 頻率 (次/20 秒)	平均頻率 (來回次數/20 秒)	排序
一字形 (0.10 克)	54	48	36	48	34	44.0	5
十字形 (0.11 克)	56	45	53	43	49	49.2	4
⊕字形 (0.13 克)	69	69	63	68	64	66.6	2
米字形 (0.14 克)	79	82	77	80	76	78.8	1
全包 (0.16 克)	59	63	61	53	53	57.8	3

平均頻率
(次/20秒)

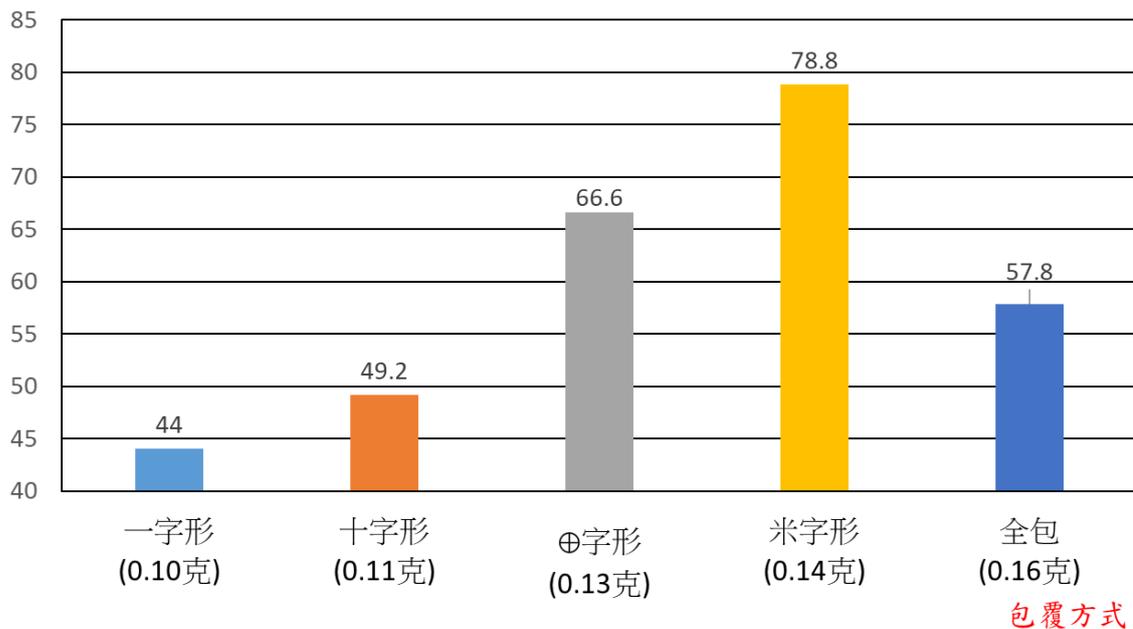


圖1 不同動力球包覆方式對靜電動力球移動頻率的影響

四、實驗結果討論

- (1) 從表1中，在動力球均為直徑2公分保麗龍球的情況下，一字形鋁箔紙包覆的保麗龍球在20秒內平均移動頻率為44次，十字形是49.2次，⊕字形是66.6次，米字形是78.8次，鋁箔紙包覆保麗龍球的面積越多，靜電動力球移動頻率就越快，但鋁箔紙包覆整顆保麗龍球時，移動頻率卻比⊕字形和米字形還要少，平均只有57.8次。
- (2) 靜電動力球主要以正負電荷的分離、吸引、排斥為移動的動力，從圖1可看出，以寬0.5公分的鋁箔紙採一字形包覆保麗龍球，包覆面積最少，因此導電效能最差，來回移動次數也最少。接著十字形、⊕字形、米字形的包覆方式，使動力球表面鋁箔紙面積逐漸增加，動力球來回次數也跟著增加，移動頻率變快。但採用「全包」的方式時，原本以為導電效果應該最好，但因為球體全包時，表面不像⊕字形和米字形那麼平整圓順，且動力球重量也微幅變重，故移動頻率就比⊕字形和米字形還要慢了。
- (3) 我們從本次實驗得知動力球表面鋁箔紙包覆面積會影響移動的頻率，「米字形」的包覆方式已經讓保麗龍球表面約有九成被鋁箔紙包覆，且可維持球體外觀的圓滑平整，故接下來的動力球實驗，我們都以米字形鋁箔紙進行球體表面的包覆。

研究二：探討不同動力球大小對靜電動力球移動頻率的影響？

在我們確定不同動力球包覆方式會對靜電動力球移動頻率產生影響後，我們持續研究保麗龍球（動力球）這項控制變因。在實驗一，都是以直徑 2 公分保麗龍球作為動力球，如果我們以不同尺寸大小的保麗龍球來測試，並維持 10 公分的塑膠管長度，靜電動力球移動的頻率是否會不一樣呢？以實驗二來探討不同動力球大小對靜電動力球移動頻率的影響。

一、實驗步驟

- (1) 準備直徑「1 公分、2 公分、3 公分、4 公分、5 公分」五種大小不同保麗龍球。
- (2) 各種大小的球均以半徑的一半當作寬，切割此寬度的鋁箔紙，以米字形的方式包覆保麗龍球。以直徑 1 公分保麗龍球為例，包覆的鋁箔紙寬度為 0.25 公分；直徑 2 公分保麗龍球，包覆鋁箔紙寬度為 0.5 公分…，以此類推，讓大小不同的保麗龍球被鋁箔紙包覆的比例盡量相同。
- (3) 切割透明塑膠片，捲成管狀，做成長 10 公分，直徑 6 公分的塑膠管，讓所有大小的球都能放進去。
- (4) 剪下直徑 6 公分的圓形紙板，包覆鋁箔紙，以膠帶固定在塑膠管兩端。
- (5) 依序將不同大小的動力球放入塑膠管內，開啟靜電棒，計數 20 秒內來回移動的次數，測試五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程

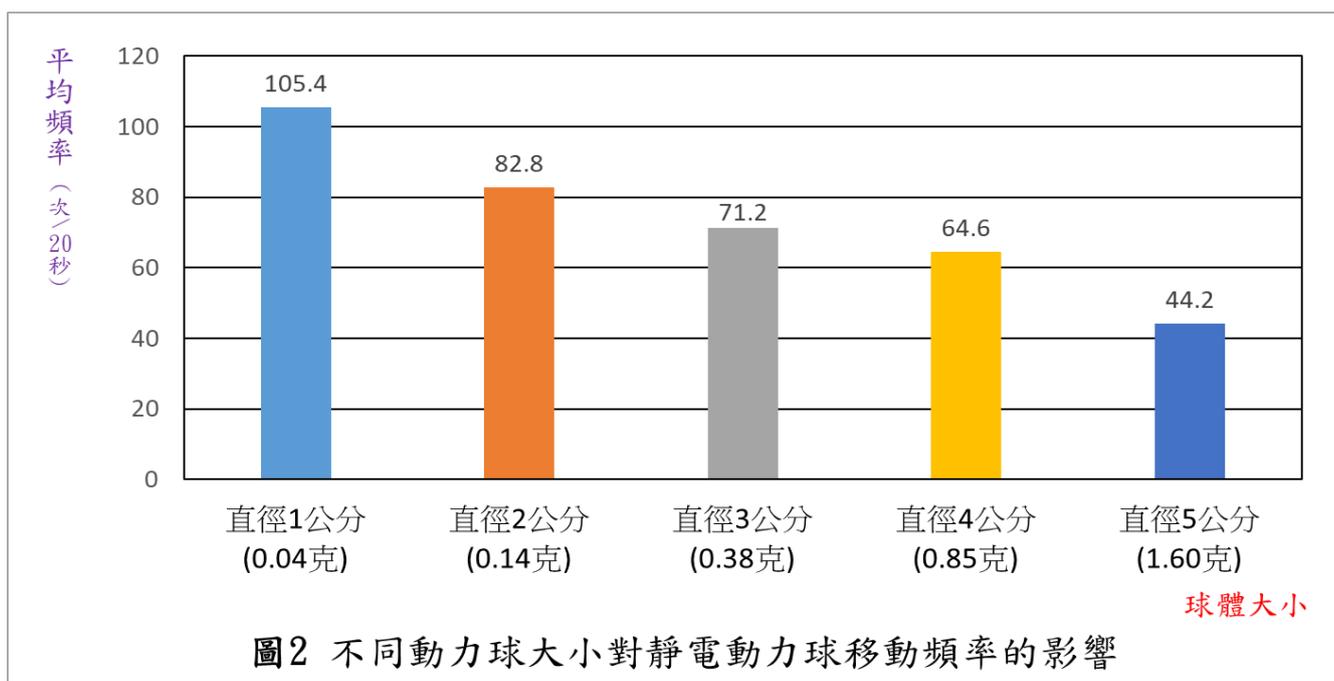


三、實驗結果

不同動力球大小對靜電動力球移動頻率的影響實驗結果如下：

表 2 不同動力球大小對靜電動力球移動頻率的影響

保麗龍球大小	A 頻率 (次/20 秒)	B 頻率 (次/20 秒)	C 頻率 (次/20 秒)	D 頻率 (次/20 秒)	E 頻率 (次/20 秒)	平均頻率 (來回次數/20 秒)	排序
直徑 1 公分 (0.04 克)	114	107	100	103	103	105.4	1
直徑 2 公分 (0.14 克)	84	83	84	82	81	82.8	2
直徑 3 公分 (0.38 克)	75	74	69	68	70	71.2	3
直徑 4 公分 (0.85 克)	63	64	62	65	69	64.6	4
直徑 5 公分 (1.60 克)	43	44	46	43	45	44.2	5



四、實驗結果討論

- 從表2中，當動力球為直徑1公分的保麗龍球時，20秒內的平均來回移動次數為105.4次；動力球為直徑2公分時，平均來回移動次數為82.8次，球體越來越大，來回移動次數卻越來越少，當動力球為直徑5公分時，平均來回移動次數只剩44.2次，移動頻率為五種不同大小動力球中最慢的。
- 從圖2可看出，在動力球均為保麗龍球，且以鋁箔紙進行外觀米字形包覆的情況下，不同大小靜電動力球的移動頻率由快到慢依序是：保麗龍球直徑1公分>2公分>3公分>4公分>5公分。直徑1公分的保麗龍動力球重量0.04公克，直徑5公分的保麗龍動力球重量竟增加至1.60公克，相差40倍。我們發現，動力球越小，重量越輕，來回移動頻率越快；動力球越大，重量越重，來回移動頻率越慢。因此，在此實驗中，我們可以從外觀看出動力球的大小的不同，而實際影響移動頻率的是動力球的「重量」。
- 由此實驗得知靜電動力球移動頻率會受到球體大小的影響，球體越小，移動頻率越快。接下來，我們試著尋找保麗龍球以外的球體，用不同材質的球體來當作動力球，測試是否會影響其移動頻率。

研究三：探討不同材質球體對靜電力球移動頻率的影響？

在動力球外表包覆、塑膠管長度等控制變因相同的情形下，僅改變不同動力球材質做為操縱變因，會影響靜電力球移動的頻率嗎？以實驗三來探討不同材質球體對靜電力球移動頻率的影響。

一、實驗步驟

- (1) 準備直徑均為 4 公分的不同材質球體，如「乒乓球、毛球、輕黏土球、棉花球、海綿球、氣球」等，並與原來的保麗龍球材質做比較。
- (2) 切割寬 1 公分的鋁箔紙，以米字形的的方式包覆各式球體，完成動力球。
- (3) 切割透明塑膠片，捲成管狀，做成長 10 公分，直徑 6 公分的塑膠管。
- (4) 剪下直徑 6 公分的圓形紙板，包覆鋁箔紙，以膠帶固定在塑膠管兩端。
- (5) 依序將不同材質球體的動力球放入塑膠管內，開啟靜電棒，計數 20 秒內來回移動的次數，測試五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



三、實驗結果

不同材質球體對靜電力球移動頻率的影響實驗結果如下：

表 3 不同材質球體對靜電力球移動頻率的影響

球體材質	A 頻率 (次/20 秒)	B 頻率 (次/20 秒)	C 頻率 (次/20 秒)	D 頻率 (次/20 秒)	E 頻率 (次/20 秒)	平均頻率 (來回次數/20 秒)	排序
保麗龍球 (0.87 克)	69	68	71	70	71	69.8	2
海綿球 (0.83 克)	56	45	48	54	49	50.4	3
棉花球 (1.11 克)	42	42	38	42	40	40.8	4
毛球 (2.45 克)	36	38	42	40	37	38.6	5
乒乓球 (3.02 克)	34	33	32	30	31	32.0	6
輕黏土球 (6.04 克)	10	10	14	16	12	12.4	7
氣球 (0.50 克)	85	88	87	88	84	86.4	1

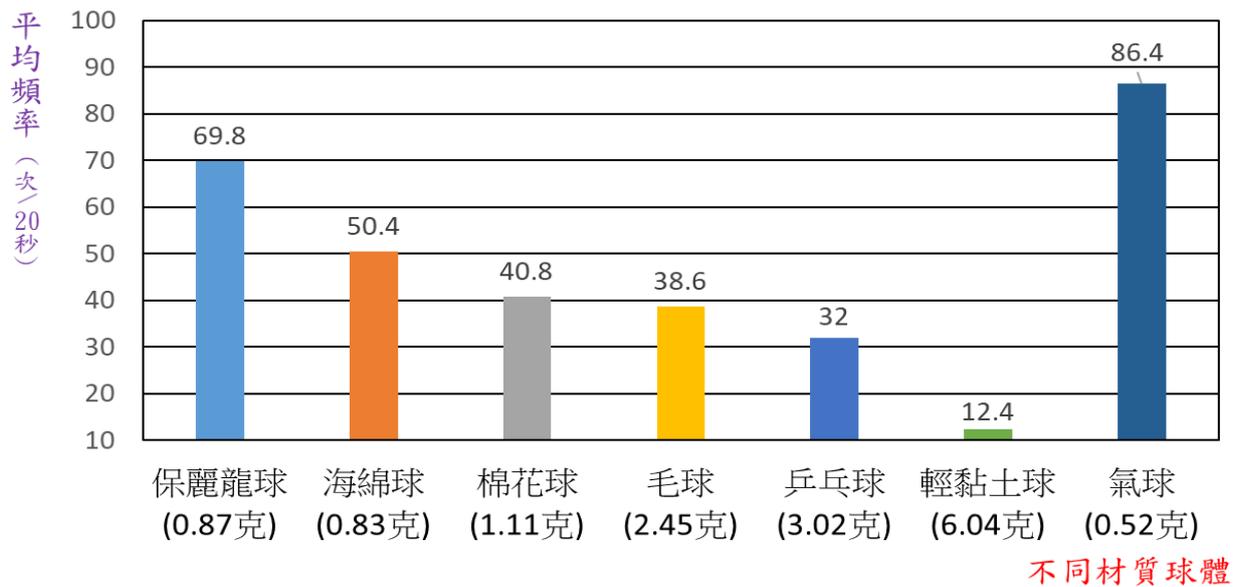


圖3 不同材質球體對靜電動力球移動頻率的影響

四、實驗結果討論

- (1) 前面幾次實驗我們都是以「保麗龍球」當作動力球，本次實驗我們在校園內及教室裡尋找不同材質，捏塑成球體來當作動力球，測試對移動頻率的影響。從表3可知，移動頻率最快的是氣球，20秒內平均來回移動次數達86.4次，其次是保麗龍球的69.8次，再其次是海綿球的50.4次。而當我們以輕黏土球當作動力球時，20秒內只來回移動12.4次，是所有材質球體中，移動頻率最慢的。
- (2) 從圖3可看出，雖然動力球均為直徑4公分的球體，但材質不同，重量也跟著不同，氣球材質輕薄，重量最輕，只有0.52公克，移動頻率最快；輕黏土球實心，重量最重，達6.04公克，移動頻率最慢。因此，動力球材質不同，也就代表其「重量」不同，材質輕的移動頻率快，材質重的移動頻率慢。
- (3) 都是直徑4公分的球體，保麗龍球重0.87公克，海綿球重0.83公克，重量非常接近，但移動頻率卻明顯有差異，保麗龍球移動頻率快，海綿球移動頻率慢，推估是保麗龍球質地扎實，來回碰到塑膠管兩側鋁箔板時，回彈的衝力較大，海綿球質地疏鬆，回彈的衝力較小所導致。

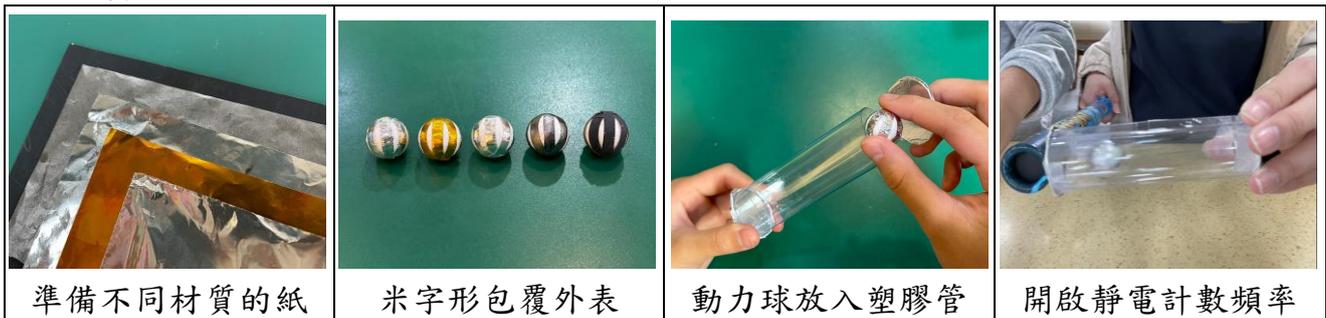
研究四：探討動力球包覆材質不同對靜電動力球移動頻率的影響？

不同材質球體因重量不同，會影響靜電動力球移動頻率，若我們都用大小重量相同的保麗龍球當作球體，外表不是用鋁箔紙包覆，而是使用其他的材質，是否會影響動力球的移動頻率呢？因此，實驗四以動力球包覆材質為操縱變因，測試材質不同時對靜電動力球移動頻率的影響。

一、實驗步驟

- (1) 準備「鋁箔紙、金箔紙、銀箔紙、石墨紙、砂紙」等不同材質紙張。
- (2) 分別將不同材質的紙切割成寬 0.5 公分的長條狀，以米字形的的方式包覆在直徑 2 公分的保麗龍球外表，做成五種不同材質包覆的動力球。
- (3) 切割長 10 公分的透明塑膠片，捲成管狀、直徑 3 公分的塑膠管。
- (4) 剪下直徑 3 公分的圓形紙板，包覆鋁箔紙，以膠帶固定在塑膠管兩端。
- (5) 依序將不同材質包覆的靜電球放入塑膠管內，開啟靜電棒，計數 20 秒內來回移動的次數，測試五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



三、實驗結果

動力球包覆材質不同對靜電動力球移動頻率的影響實驗結果如下：

表 4 動力球包覆材質不同對靜電動力球移動頻率的影響。

動力球包覆材質	A 頻率 (次/20 秒)	B 頻率 (次/20 秒)	C 頻率 (次/20 秒)	D 頻率 (次/20 秒)	E 頻率 (次/20 秒)	平均頻率 (來回次數/20 秒)	排序
鋁箔紙	76	77	74	77	75	75.8	3
金箔紙	76	75	73	74	74	74.4	4
銀箔紙	84	85	83	82	83	83.4	2
石墨紙	87	90	91	89	88	89.0	1
砂紙 (1200cw)	54	48	52	49	50	50.6	5

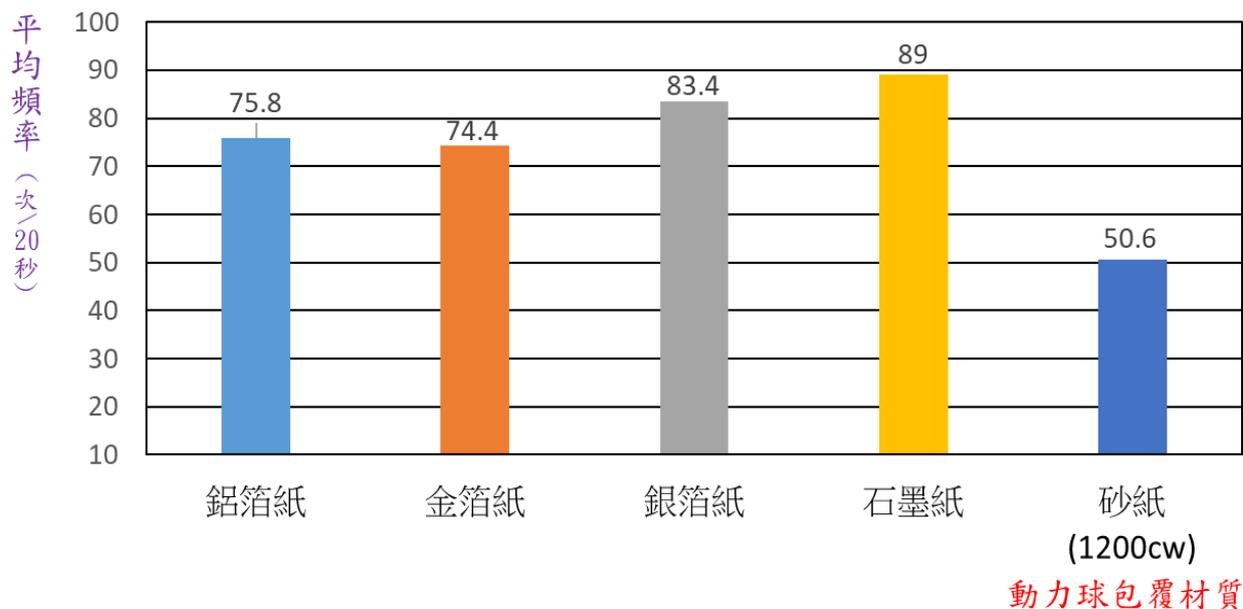


圖4 動力球包覆材質不同對靜電動力球移動頻率的影響

四、實驗結果討論

- (1) 從表4的實驗數據可看出，當動力球外表米字形包覆材質為石墨紙時，20秒內平均來回移動次數為89次，是所有材質中頻率最快的，其次是銀箔紙的83.4次。鋁箔紙和金箔紙的次數非常接近，分別是75.8次和74.4次。五種包覆材質中，速度最慢的是砂紙，僅有50.6次。
- (2) 從圖4可明顯看出，當動力球外表包覆不同材質，開啟靜電棒後，動力球移動由快到慢依序是：石墨紙>銀箔紙>鋁箔紙>金箔紙>砂紙，顯見動力球包覆材質不同會影響靜電動力球移動頻率，推論和材質是否容易導電有關。除前面幾次實驗常用的鋁箔紙外，改用石墨紙和銀箔紙包覆保麗龍球也是很好的選擇，電荷導電效果更好，靜電動力球移動頻率明顯變快。而本實驗所用的砂紙為手工砂光用紙，其主要成分為碳化矽，導電性和其他4個相比來的弱，動力球移動頻率也較慢。

研究五：探討塑膠管兩側材質不同對靜電動力球移動頻率的影響？

在我們了解動力球包覆材質不同會影響靜電動力球移動頻率後，我們接著想測試塑膠管兩側的圓形紙板的包覆材質，如果不是用鋁箔紙，而是使用其他的材質，是否也會影響動力球的移動頻率呢？我們除了上個實驗的 5 個紙類材質外，再加上含銅成分的 50 元及 10 元的硬幣，分別包覆在 10 公分塑膠管的兩側，測試材質不同時對靜電動力球移動頻率的影響。

一、實驗步驟

- (1) 準備直徑 2 公分的保麗龍球。
- (2) 切割寬 0.5 公分的鋁箔紙，以米字形的方式包覆保麗龍球，完成動力球。
- (3) 切割長 10 公分的透明塑膠片，捲成管狀、直徑 3 公分的塑膠管。
- (4) 剪下直徑 3 公分的圓形紙板，分別包覆「鋁箔紙、金箔紙、銀箔紙、石墨紙、砂紙、50 元硬幣、10 元硬幣」等不同材質，並以膠帶固定在塑膠管兩端。
- (5) 依序將動力球放入不同長度的塑膠管內，開啟靜電棒，計數 20 秒內來回移動的次數，測試五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



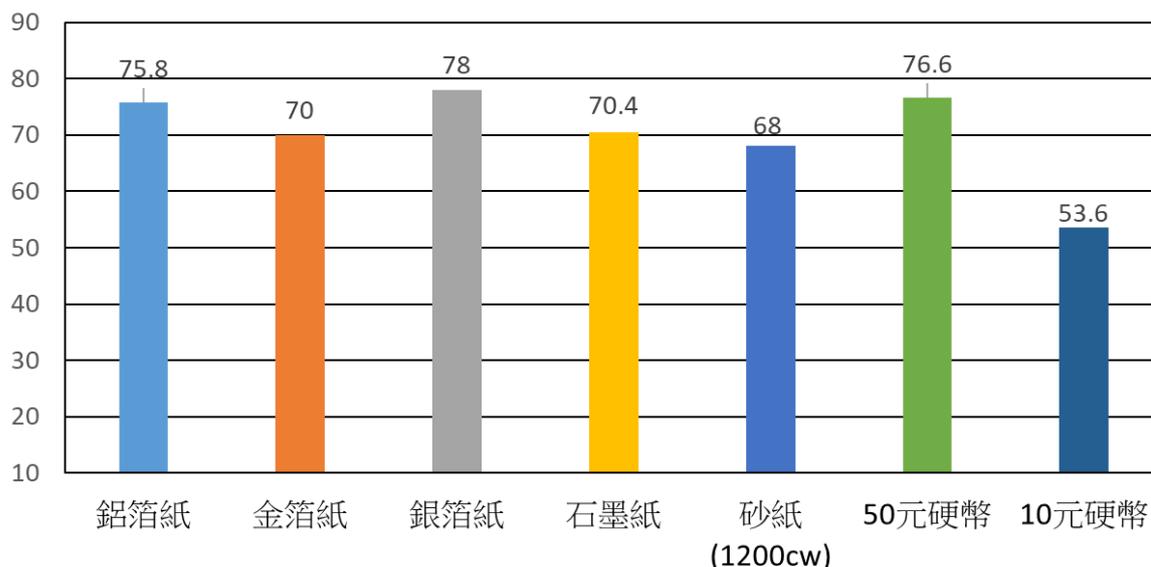
三、實驗結果

塑膠管兩側材質不同對靜電動力球移動頻率的影響實驗結果如下：

表 5 塑膠管兩側材質不同對靜電動力球移動頻率的影響

塑膠管兩側材質	A 頻率 (次/20 秒)	B 頻率 (次/20 秒)	C 頻率 (次/20 秒)	D 頻率 (次/20 秒)	E 頻率 (次/20 秒)	平均頻率 (來回次數/20 秒)	排序
鋁箔紙	76	77	74	77	75	75.8	3
金箔紙	71	71	69	71	68	70.0	5
銀箔紙	77	77	78	79	79	78.0	1
石墨紙	69	72	70	71	70	70.4	4
砂紙 _(1200cw)	69	67	69	67	68	68.0	6
50 元硬幣	79	77	76	75	76	76.6	2
10 元硬幣	55	51	54	55	53	53.6	7

平均頻率
(次/20秒)



塑膠管兩側材質

圖5 塑膠管兩側材質不同對靜電動力球移動頻率的影響

四、實驗結果討論

- (1) 從表5中可發現，當塑膠管兩側包覆材質不同，動力球移動頻率也略有不同。當直徑3公分的圓形紙板包覆銀箔紙，再以膠帶固定在塑膠管兩端時，動力球20秒內平均來回移動次數為78次，是所有材質中頻率最快的，其次是包覆50元硬幣的76.6次，再其次是包覆鋁箔紙的75.8次，然而，前三名「銀箔紙、50元硬幣、鋁箔紙」雖然頻率略有不同，但其數值卻十分接近。接在這三者後面的「石墨紙、金箔紙、砂紙」移動頻率也實非接近，平均次數落在68~70次的區間。七種包覆材質中，速度明顯較慢的是10元硬幣，僅有53.6次。
- (2) 我們知道，當靜電棒接觸塑膠管一端時，產生的負電荷會中和保麗龍球的正電荷，當保麗龍球移動至塑膠管另一端，負電荷會傳導到地面而流失，因此，塑膠管兩側包覆材質的導電性會影響電荷移動的快慢，進而影響其移動的頻率。從圖5中可發現，塑膠管兩側包覆材質若含金、銀、銅、鋁等容易導電的成分，都能使動力球產生移動頻率接近的速度；石墨雖然是非金屬，但具有導電性，效果也不錯。根據中央造幣廠網路資料，50元硬幣中，銅的成分佔92%；10元硬幣中，銅的成分佔75%，兩者比較，50元硬幣中銅所佔的比例高，導電效果比10元硬幣來得好，靜電動力球的移動頻率也比較快。
- (3) 本實驗結果若和研究四比較，一樣都是包覆不同材質，我們發現動力球表面材質的影響會比塑膠管兩側材質來的明顯。以石墨紙為例，包覆在動力球表面，20秒內移動頻率為89次，若包覆在塑膠管兩側則下降至70.4次，相同的情形在銀箔紙及金箔紙上也可以得到印證。

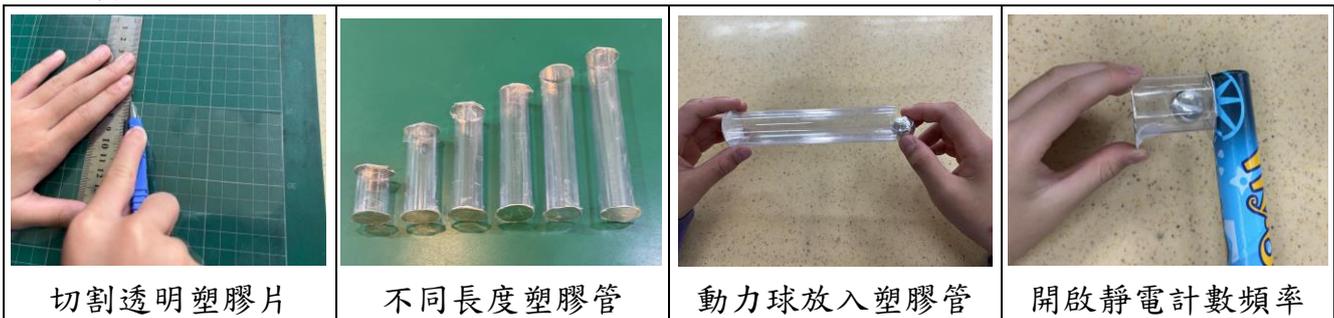
研究六：探討不同長度的塑膠管對靜電動力球移動頻率的影響？

接著，我們繼續以塑膠管為探究的主角，前面五項實驗的塑膠管長度均為 10 公分，本次切割不同長度的塑膠片，做出七種不同長度的塑膠管，這樣的改變，靜電球移動頻率會如何呢？以實驗六來探討不同長度的塑膠管對靜電動力球移動頻率的影響。

一、實驗步驟

- (1) 準備直徑 2 公分的保麗龍球。
- (2) 切割寬 0.5 公分的鋁箔紙，以米字形的方式包覆保麗龍球，完成動力球。
- (3) 切割長「2 公分、4 公分、6 公分、8 公分、10 公分、12 公分、14 公分」的透明塑膠片，捲成直徑 3 公分的塑膠管。
- (4) 剪下直徑 3 公分的圓形紙板，包覆鋁箔紙，以膠帶固定在塑膠管兩端。
- (5) 依序將動力球放入不同長度的塑膠管內，開啟靜電棒，計數 20 秒內來回移動的次數，測試五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程

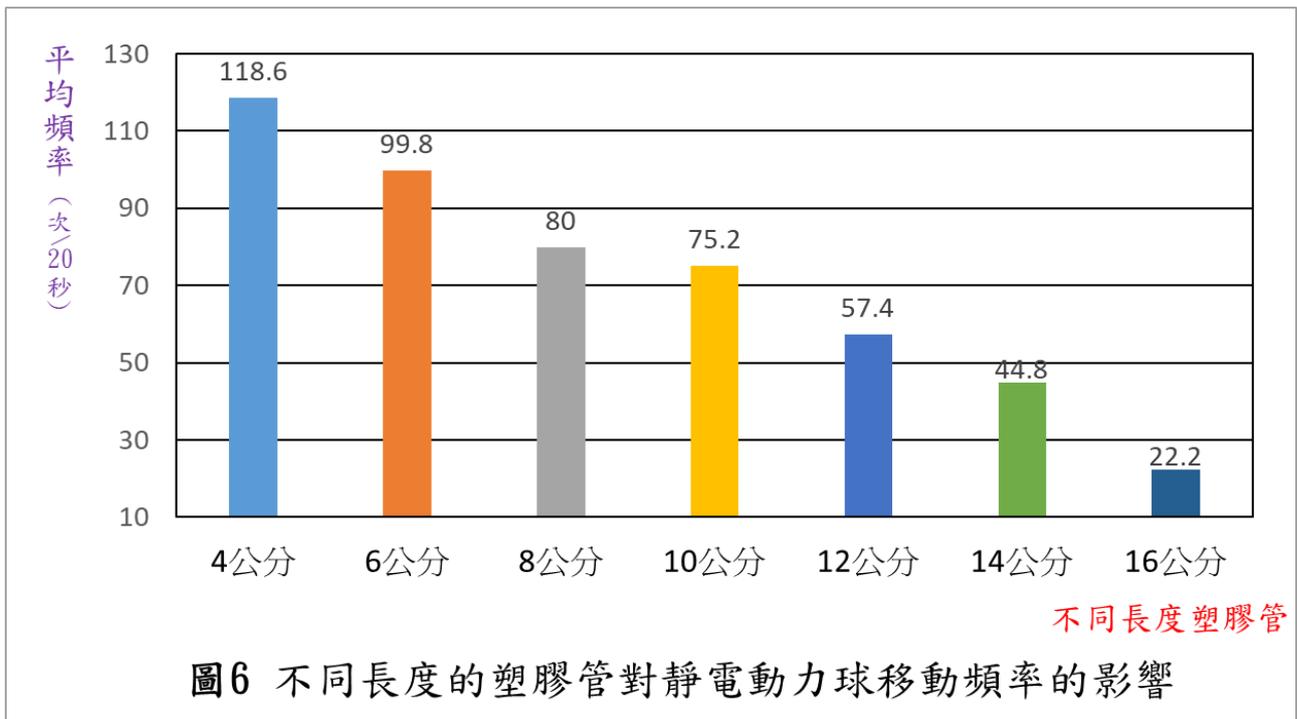


三、實驗結果

不同長度的塑膠管對靜電動力球移動頻率的影響實驗結果如下：

表 6 不同長度的塑膠管對靜電動力球移動頻率的影響

塑膠管長度	A 頻率 (次/20 秒)	B 頻率 (次/20 秒)	C 頻率 (次/20 秒)	D 頻率 (次/20 秒)	E 頻率 (次/20 秒)	平均頻率 (來回次數/20 秒)	排序
4 公分	115	117	122	121	118	118.6	1
6 公分	103	96	99	99	102	99.8	2
8 公分	78	79	83	78	82	80.0	3
10 公分	70	82	77	73	74	75.2	4
12 公分	62	56	54	57	58	57.4	5
14 公分	46	49	40	43	46	44.8	6
16 公分	24	20	25	21	21	22.2	7



四、實驗結果討論

- (1) 從表6中，靜電動力球在長4公分塑膠管來回移動頻率為118.6次；長6公分塑膠管為99.8次；長8公分塑膠管為80次，隨著塑膠管長度變長，靜電動力球的移動頻率會逐漸變慢，當塑膠管長度為16公分時，20秒內來回移動頻率僅有22.2次。
- (2) 本次實驗中，直徑2公分保麗龍球以米字形鋁箔紙包覆，放進直徑3公分的塑膠管內，開啟靜電棒後，原本球體表面正負電荷平均分散的情形產生變化，陸續經過分離、吸引、中和、排斥的階段，使靜電動力球來回反覆移動。從圖6可看出，不同長度塑膠管對靜電動力球移動頻率的影響由快到慢依序是：4公分>6公分>8公分>10公分>12公分>14公分>16公分，顯見，在保麗龍球接觸靜電棒之後，動力球反覆經過感應起電和接觸起電的過程，會因為塑膠管長度變長，拉長此一過程所需要的時間，同時因為管子長度變長後，靜電感應效果沒有像短塑膠管的效果好，因此，不同長度的塑膠管會對靜電動力球的移動頻率產生顯著影響。

研究七：探討不同布料摩擦靜電棒對靜電動力球移動頻率的影響？

前面六項實驗研究都是以靜電棒產生電荷，使動力球左右來回移動，若我們在測試前，先用布料摩擦靜電棒，再開啓電源，結果會是如何，會影響靜電動力球移動頻率嗎？以實驗七來探討不同布料摩擦靜電棒對靜電動力球移動頻率的影響。

一、實驗步驟

- (1) 準備不同布料，分別有「絲巾、羊毛布、蠶絲巾、聚酯纖維布、緞面布、素面布、風衣布」等不同材質。
- (2) 切割寬 0.5 公分的鋁箔紙，以米字形的的方式包覆直徑 2 公分的保麗龍球，完成動力球。
- (3) 切割長 10 公分的透明塑膠片，捲成管狀、直徑 3 公分的塑膠管。
- (4) 剪下直徑 3 公分的圓形紙板，包覆鋁箔紙，以膠帶固定在塑膠管兩端。
- (5) 將動力球放入不同長度的塑膠管內，依序先用布料摩擦靜電棒，每種布料都來回摩擦 20 次，接著開啟電源，計數 20 秒內來回移動的次數，測試五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



三、實驗結果

不同布料摩擦靜電棒對靜電動力球移動頻率的影響實驗結果如下：

表 7 不同布料摩擦靜電棒對靜電動力球移動頻率的影響

摩擦布料名稱	A 頻率 (次/20 秒)	B 頻率 (次/20 秒)	C 頻率 (次/20 秒)	D 頻率 (次/20 秒)	E 頻率 (次/20 秒)	平均頻率 (來回次數/20 秒)	排序
絲巾	87	89	87	85	85	86.6	2
羊毛布	82	86	87	84	84	84.6	3
蠶絲巾	92	93	90	95	92	92.4	1
聚酯纖維布	85	82	84	84	83	83.6	4
緞面布	83	80	79	78	78	79.6	6
素面布	80	84	82	87	80	82.6	5
風衣布	78	74	76	75	79	76.4	7
不摩擦	76	73	78	76	75	75.6	8

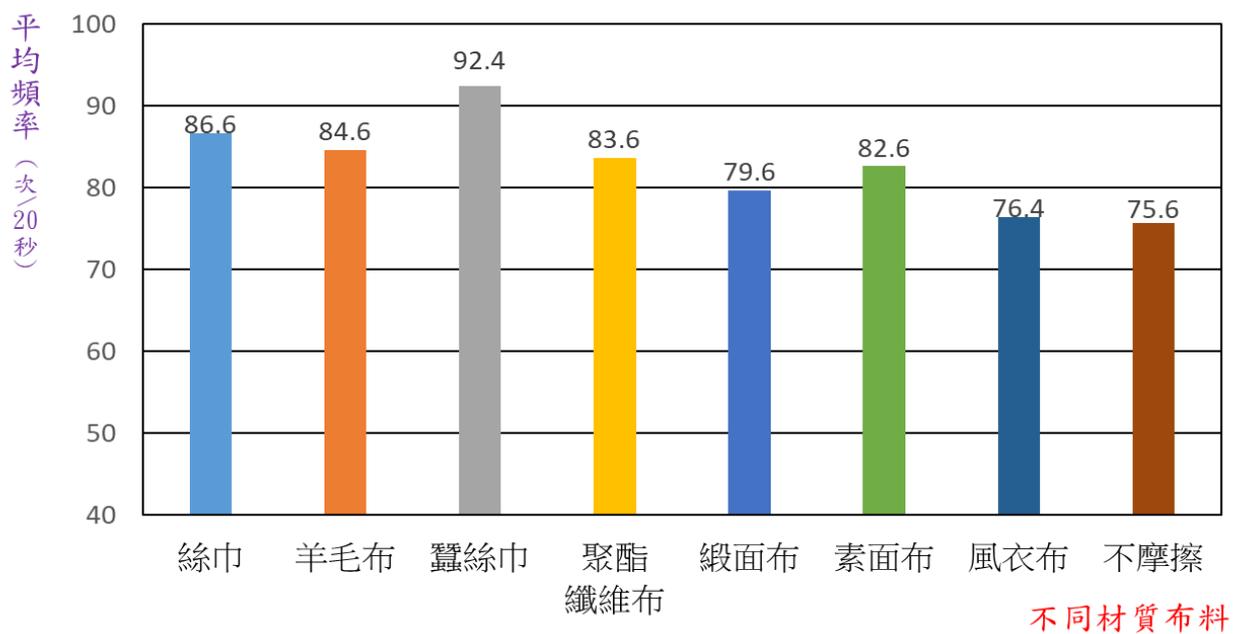


圖7 不同布料摩擦靜電棒對靜電動力球移動頻率的影響

四、實驗結果討論

- (1) 在測試前，先用布料摩擦靜電棒，再開啟電源，靜電動力球移動情形是如何呢？
 。從表7可知，以蠶絲巾摩擦靜電棒使動力球移動頻率最快，20秒內平均移動次數為92.4次；其次是絲巾摩擦的86.6次；接著是羊毛布摩擦的84.6次。與不使用布料摩擦的75.6次相比較，只要靜電棒經過布料摩擦後，幾乎都能使動力球移動頻率加快。
- (2) 在開啟電源之前，先用布料摩擦靜電棒，在摩擦時，布料因為失去電子而帶正電，靜電棒表面則得到電子而帶負電，因此未開啟電源的情況下，靜電棒表面已散布負電荷，而在電源開啟後，靜電棒又持續提供負電荷，對照圖7，就可看出此一過程的結果，只要將靜電棒先經過布料摩擦，動力球移動頻率都會加快。

伍、結論

一、探討不同動力球包覆方式對靜電動力球移動頻率的影響。

(一)五種不同的動力球包覆方式中，以外表米字形包覆的動力球移動頻率最快，一字形的移動頻率最慢。

(二)靜電動力球主要以正負電荷的分離、吸引、排斥為來回移動的動力，過程中，動力球外表的導電效能非常關鍵，當鋁箔紙包覆球體面積逐漸增加，動力球來回次數也跟著增加，移動頻率變快。

二、探討不同動力球大小對靜電動力球移動頻率的影響。

(一)動力球大小會影響移動頻率，當動力球為直徑 1 公分的保麗龍球時移動頻率最快，直徑 5 公分時移動頻率最慢。

(二)相同材質的動力球中，球體越小，重量越輕，來回移動頻率越快；球體越大，重量越重，頻率越慢。而動力球大小不同，重量也跟著不同，因此，實際影響動力球移動頻率更顯著的是不同大小動力球的「重量」。

三、探討不同材質球體對靜電動力球移動頻率的影響。

(一)七種動力球材質中，以氣球移動頻率最快，輕黏土球移動頻率最慢。

(二)動力球材質不同，重量也跟著不同，氣球材質輕薄，重量最輕，移動頻率就快；輕黏土球實心重量重，移動頻率就跟著變慢。因此，當動力球材質不同，也就代表其「重量」不同，材質輕的移動頻率快，材質重的移動頻率慢。

四、探討動力球包覆材質不同對靜電動力球移動頻率的影響。

(一)相同大小的動力球外表分別以米字形包覆五種不同材質，靜電動力球移動頻率由快到慢依序是：石墨紙>銀箔紙>鋁箔紙>金箔紙>砂紙，顯見動力球包覆材質不同會影響靜電動力球移動頻率。

(二)當動力球外表以不同材質包覆時，靜電動力球移動頻率也不同，此結果與材質的導電效果有關，除鋁箔紙外，改用石墨紙和銀箔紙包覆動力球，其移動頻率會更快。

五、探討塑膠管兩側材質不同對靜電動力球移動頻率的影響。

(一)塑膠管兩側包覆材質雖然不同，但材質中若含金、銀、銅、鋁等容易導電的成分，靜電動力球移動頻率大致接近，且比例越高，移動速度越快。而石墨雖然非金屬，但具有導電性，效果也不錯。

(二)用不同材質包覆動力球及塑膠管，我們發現靜電動力球移動頻率受球體表面材質的影響會比塑膠管兩側材質來的明顯。

六、探討不同長度的塑膠管對靜電動力球移動頻率的影響。

(一)不同長度塑膠管對靜電動力球移動頻率由快到慢依序是：4公分>6公分>8公分>10公分>12公分>14公分>16公分，靜電動力球移動頻率與塑膠管長度成反比關係，塑膠管越短，移動頻率越快。

(二)在啟動靜電棒後，動力球反覆經過感應起電和接觸起電的過程，此時，塑膠管長度的長短就成了正負電荷在此過程所需時間的關鍵，對靜電動力球的移動頻率產生顯著影響。

七、探討不同布料摩擦靜電棒對靜電動力球移動頻率的影響。

(一)啟動靜電棒電源前，先用布料摩擦靜電棒，與不用任何布料摩擦相比，會發現不論用何種布料摩擦，幾乎都能使動力球移動頻率加快。

(二)用布料摩擦時，布料因為失去電子而帶正電，靜電棒表面則得到電子而帶負電，因此未開啟電源的情況下，靜電棒表面已先布滿負電荷，啟動電源後，又持續提供穩定的負電荷，因此動力球移動頻率會比不摩擦相比來的快一些。

綜合上面研究發現，實驗架構中的「動力球、塑膠管、靜電棒」三個主要變項中，影響靜電動力球移動頻率比較明顯的因素是「動力球」和「塑膠管」兩項。首先，動力球表面的導電效能就很關鍵，因此，動力球的「包覆方式」及「包覆材質」會影響靜電動力球移動頻率。其次，動力球的「球體大小」及「球體材質」也會影響其移動的快慢，更精確地說，實際影響的是動力球的「重量」。此外，靜電動力球表面正負電荷因「分離、吸引、中和、排斥」的過程反覆在塑膠管內來回移動，所以塑膠管「長度」與「兩側包覆材質」的改變，也會影響塑膠管內動力球的移動頻率。最後，若想再讓動力球再快一點，就在靜電棒啟動前先用布料摩擦靜電棒，可使動力球移動頻率再加快一些。

陸、未來研究方向

本研究中，靜電動力球因受到感應起電與接觸起電交互影響而移動，若同時放入兩顆球呢？移動方式及結果是否會不同。此外，塑膠管也是影響動力球移動的變項，本研究只針對塑膠管長度及兩側包覆材質進行實驗，未來可再針對管子做不一樣的實驗，例如：不同的管子材質、不同粗細的管子…等，觀察動力球在管內移動的情形，都是未來值得嘗試的方向，或許可以測試出讓動力球移動頻率更快的方式哦！

柒、參考資料

- 一、許良榮 (2020)·靜電動力球·載於探究與實作：科學遊戲導向 (173-181 頁)·
臺北市：五南。
- 二、陳坤隆 (2018 年 9 月)·靜電遊戲·國立臺灣科學教育館·取自
<http://www.ntsec.gov.tw/article/FileAtt>
- 三、邱緯婷、徐易琳、廖儷雯、楊芷姍、鄭筑元、陳律 (2005)·靜觀奇電·國立臺灣科學教育館·取自
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/elementary/0815/081515.pdf>
- 四、周鑑恆、曾瑞蓮 (2012)·靜電產生器·臺灣師範大學科學教育中心·取自
[https://www.sec.ntnu.edu.tw/uploads/asset/data/62564077381784d09345bbb1/04-101006-%E9%9D%9C%E9%9B%BB%E7%94%A2%E7%94%9F%E5%99%A8\(%E6%9C%88%E5%88%8A\).pdf](https://www.sec.ntnu.edu.tw/uploads/asset/data/62564077381784d09345bbb1/04-101006-%E9%9D%9C%E9%9B%BB%E7%94%A2%E7%94%9F%E5%99%A8(%E6%9C%88%E5%88%8A).pdf)