

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：你真的懂靜電感應嗎？

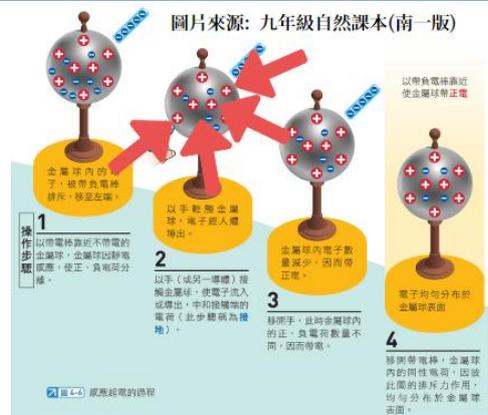
一、摘要

靜電是日常生活中極為平常的事情，但其實在它背後還存在著許多值得探究的問題等著我們去發現。我們有一次聽到了學長姐在討論接地點的靜電感應實驗，覺得很有興趣，於是決定去探討這個問題，我們設計了一系列的實驗來探究。最終我們發現接地點的位置並不會影響電流的電性，但電流的大小會隨著接地點與帶電體的距離越近，而變得越小。

二、探究題目與動機

有次我們聽到學長姊們在爭論九年級理化段考中關於靜電感應的實驗題目，實驗如下：將帶電體靠近以絕緣線懸吊的金屬球，以導線接地後再將帶電體移開，金屬球會帶與帶電體電性相反的電。

有一派的學長姐認為依照課文的描述，無論接地的位置在金屬球的任何地方都會帶相反的電性，另一派學長姐則認為不同的接地位置應該會影響靜電感應後的結果。我們認為兩派的觀點都很有道理，但是真相只能有一個！解決這個爭議最好的方法就是自己實驗看看，因此開啟了這一系列的探究。



三、探究目的與假設

我們的主要探究了解感應起電時，接地位置是否會影響感應電荷的電性和電量大小。而課本中並未提到靜電感應中金屬球的接地位置是否會影響電荷的移動和分布方向，因此依照網路上的說法提出了兩種假設：

- (1) 接地位置並不會影響電荷，金屬球最終呈現與帶電體相反的電性。
- (2) 接地位置會影響感應出的電量大小，並且兩者間有正向或反向的關係。

四、探究方法與驗證步驟

第一部分：製作靜電探測器

（一）、常見的靜電探測器(驗電器)

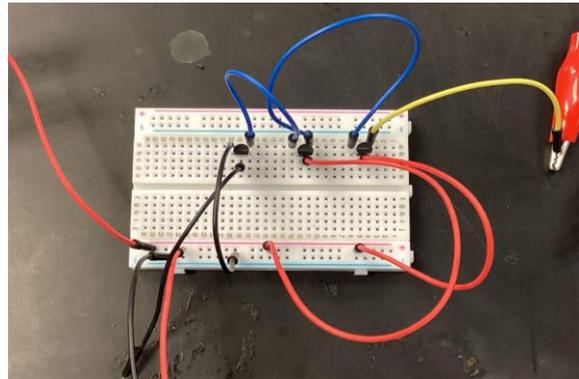
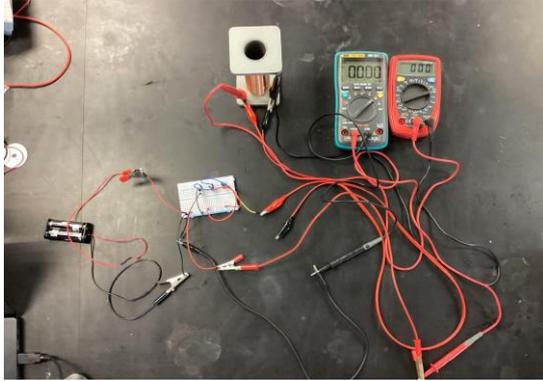
在學校中常見的靜電測量裝置為金箔驗電器，在金屬球底下連接兩片金箔(或金屬薄片)，當靠近物體的帶電量越高時，金箔因為同性電排斥力越大，所以張開的角度也會越大。但是我們在使用學校實驗室的驗電器時，發現使用上有幾個問題：

1. 測量靈敏度不足：因為金箔必須要有足夠的靜電排斥力才能克服重力張開，所以若帶電體帶的電量不夠時就看不出差別，不適合我們的實驗目的。
2. 實驗結果不容易量化：因為此種驗電器是使用金箔張開的角度來代表靠近的帶電體帶電量，一來實際上角度的微小變化很難觀察，二來角度數值與帶電體所帶的電量大小不是正比關係，只能比較而不能直接等於帶電量的大小。

因為以上種種原因，實驗室中的驗電裝置不符合我們的實驗要求，但是我們又不想要花很多錢買正式的靜電測量儀器，因此就開始研究自製比較準又可以量化的靜電測量裝置如下。

(二)、自製靜電探測器原理

將要測量的物體靠近或遠離感應線圈，感應線圈連接到伏特計，來測量此物體靠近或遠離所產生的感應電壓，極小的感應電壓，經由伏特計連接到位於麵包板上的第一個電晶體再傳到第二個和第三個，放大三次後再由安培計測量到放大後的電流，底端的電磁則是確保電路的運作。這樣就算最初測量到的電流過小也不用擔心。下圖為探測器的實際照片

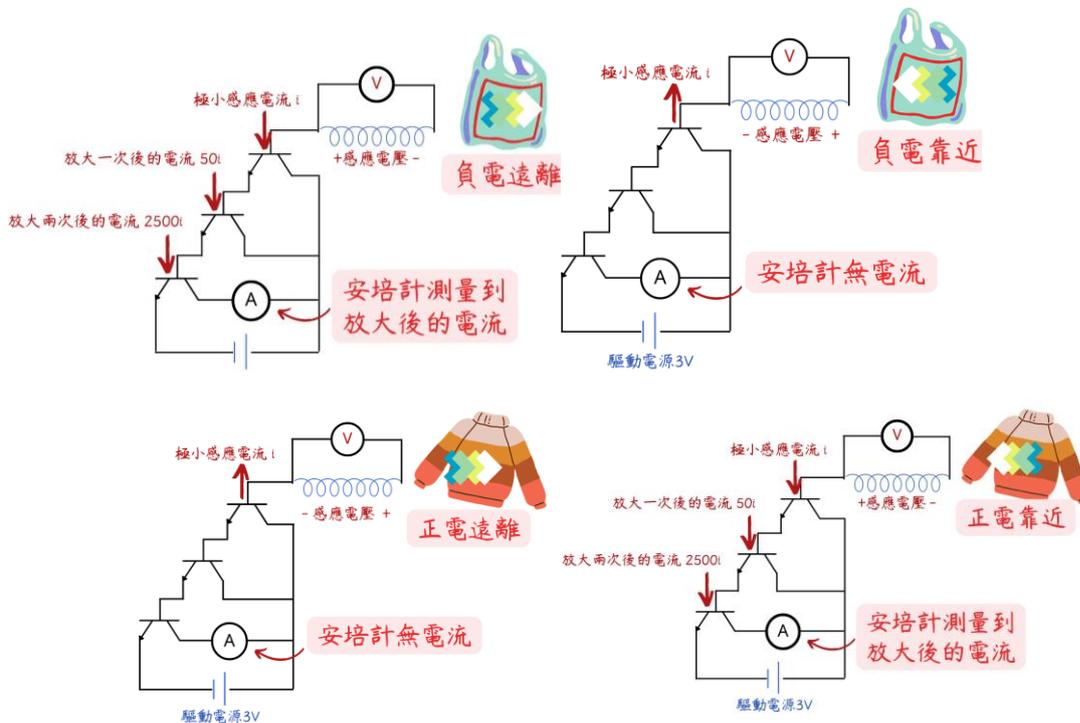


(二)、觀察靜電值經放大後是否有規律

經由多次測試後得知，無論是何種物體，在電流經過電晶體時，都會有固定的放大倍率。一個電晶體可將電流放大到約 50 倍，以此類推，兩個可以放大到約 2500 倍，三個則可以放大到約 125000 倍。因此可以測量到極小的電流。

(三)、測試何種情況為負電，何種情況為正電

由實測後可得知:當負電遠離時，產生的電流可以經過電晶體放大，因此安培計可以測量到感應電流，而當負電靠近時則不行;正電相反，當正電靠近時，安培計可以測量到感應電流，遠離時則不行。所以遠離時所測到的為負電，靠近時測到的則是正電



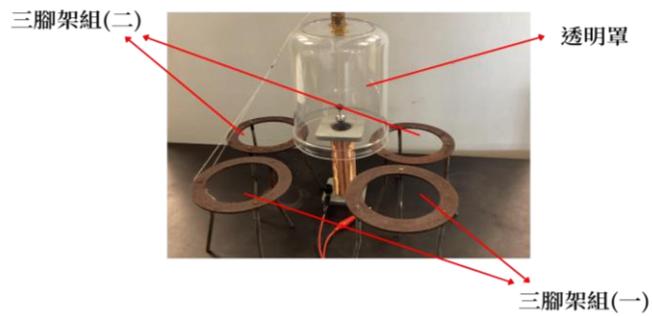
(四)控制速率

因為正電和負電分別是在靠近和遠離的時候可以感應到，所以我們將正電和負電分別運用不同的裝置測量，以確保速率相同。

正電(靠近線圈)靠近線圈)實驗裝置:

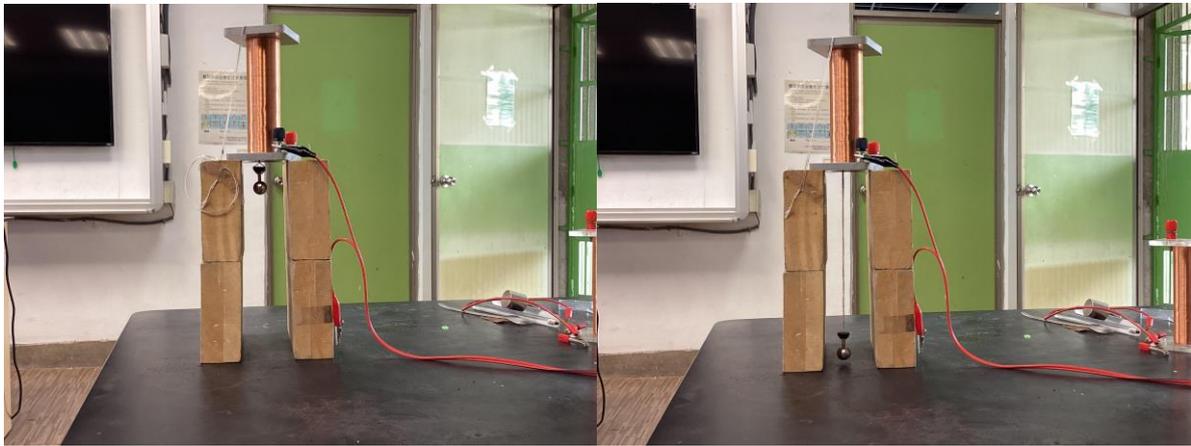


圖(一)正電實驗裝置



圖(二)正電實驗裝置解釋

負電(遠離線圈)實驗裝置:



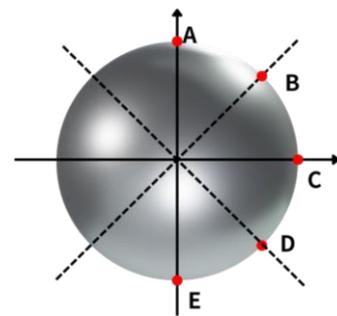
步驟二:測試不同的接觸位置對電荷的影響

我們在金屬球上定位了「A」「B」「C」「D」「E」五點，將帶電體靠近「E」點，並分別在五點進行接地。

金屬球俯視圖:

靠近實驗步驟如下:

1. 將透明罩置於三腳架組(一)(參見圖(二))
2. 將塑膠袋摩擦三十次，作為帶電體(塑膠袋帶負電)
3. 將塑膠袋靠近金屬球上的「E」點
4. 用金屬棒觸碰測試點(接地)
5. 將透明罩搬至三腳架組(二)，線圈上方
6. 將繩子拉緊，使金屬球懸吊至透明罩最上方
7. 放開繩子，使金屬球自由落體，快速接近線圈
8. 紀錄金屬球下落時，三用電表上的最高數值



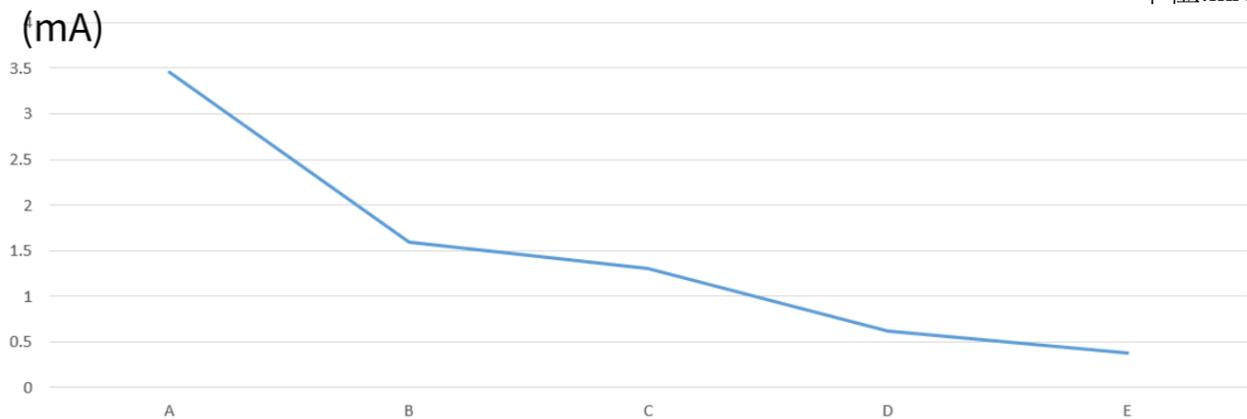
遠離實驗步驟如下:

1. 將塑膠袋摩擦三十次(帶電體)
2. 將塑膠袋靠近金屬球上的「E」點
3. 用燃燒匙的柄觸碰測試點(接地)
4. 將繩子拉緊，使金屬球懸吊至上方

5. 放開繩子，使金屬球自由落體，快速遠離線圈
 6. 紀錄金屬球下落時，三用電表上的最高數值
- 結果如下：

A	B	C	D	E
2.216	1.367	1.319	0.433	0.336
4.176	0.902	1.508	0.264	0.528
3.247	1.552	1.087	0.389	0.630
3.270	1.904	1.393	1.395	0.048
4.356	2.249	1.200	0.589	0.336
3.453	1.595	1.301	0.614	0.376

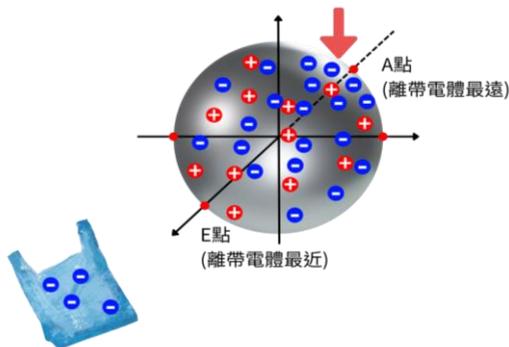
單位:mA



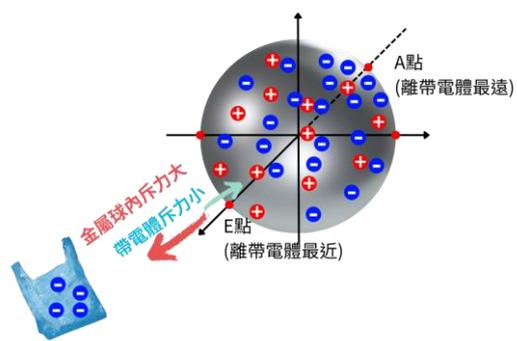
- (1) 不管接地點是遠還是近，導體都會帶與帶電體相反的電。
- (2) 電量大小會由遠到近遞減。
- (3) 在最遠的地方接地，電量明顯高於其他四者。

討論：

我們猜測會有這樣的結果原因如下圖：



圖(三)



圖(四)

- (1) 在 A 點接地電量最大:參見圖(三)，當帶電體靠近金屬球時，電子會因為異性電相斥而聚集至 A 點，所以在 A 點接地時會有最多的電子流出，故電量最大。
- (2) 在 E 點接地電荷依然是正電:參見圖(四)，我們猜測會有這樣的結果是因為，在 E 點接地時，金屬球內部的電子距離較近，故排斥力較大，而距離塑膠袋較遠，故排斥力較小，所

以電子依然會從 E 點流出。

五、結論與生活應用

(一)結論

我們最終發現無論接地點的位置在哪裡，所測出的電性都會和帶電體的電性相反，而接地點距離帶電體越近時，電量大小就會越來越小，在我們的實驗中，當接地點為「A」時，所測出的電量最大，「E」點時則最小，接地位置與感應電量的關係不是單純成正比，而是在帶電體的最遠端效果最好，相反，在帶電體的最近端效果最差。

(二)生活應用

靜電感應在工業方面可能會因為粉塵反覆產生摩擦帶電和感應帶電作用，由於大量的電荷累積，就會出現火花放電，嚴重還會產生爆炸並造成事故，而人體在靠近某些較敏感的儀器時，也可能會對儀器造成干擾，希望本實驗的結果在工業方面可以減少意外發生，並且幫助到全世界正在為此問題感到不解的學生們。

參考資料

國立自然科學博物館, 科普寫作網路平台 雷電法則

https://foundation.nmns.edu.tw/writing/hotnews2_detail.php?gid=10&id=986

靜電感應，維基百科

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%9D%99%E7%94%B5%E6%84%9F%E5%BA%94>

酷課雲(2021)，108 新課綱 國中九上理化【觀念】靜電感應與感應起電

<https://www.youtube.com/watch?v=c3Qz5Kuukss>

佑來認真教(2021)，探測器完整製作教學(修正重上版)

<https://www.youtube.com/watch?v=ZxFatciVOOs&t=0s>

雙極性電晶體，維基百科

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8F%8C%E6%9E%81%E6%80%A7%E6%99%B6%E4%BD%93%E7%AE%A1>