

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

第一名

最佳創意獎

080510

好閃，別對我放電

學校名稱：臺中市南屯區大新國民小學

作者： 小六 黃冠霖 小六 吳岱容 小六 陳佳筠 小六 劉柏辰 小六 康硯茹 小六 陳又晞	指導老師： 彭士峯 童進昌
---	-----------------------------

關鍵詞：雷擊、閃電形狀

得獎感言

參加國展的心得

時間過得真快，回想一年前，記得剛加入科展團隊時，心裡帶著期待以及徬徨無措的感覺，覺得一年後要比賽離我們好遠好遠，跟著老師指導討論一個個與閃電相關的問題，還必須設計實驗驗證，而且問題往往沒有答案，每當遇到了困難問題和實驗挫折，而看到身旁同學們在玩樂休息時，我們卻埋首在找資料、讀資料、做實驗的過程中。期間好幾次有想放棄的念頭，然而在師長、家人、同儕的鼓勵的鼓勵下，和一次次實驗時小突破後的成就感，大家都堅持到了最後。

而在研究與培訓的日子裡，各班菁英齊聚一堂，有一顆什麼都裝的下的的大腦袋，且最精通電路的黃冠霖；有活生生的「狗狗狂粉」，但實驗時都能突發奇想，提供許多新奇的點子的吳岱容；有最會搞笑常帶來歡笑聲的開心果，並熟悉掌握影片和尋找資料的康硯茹；有最常沉默不語，但比賽時卻會拿出真正驚人的實力，解答大家絞盡腦汁也頭痛的問題，標準的「慚慚吃三碗公半」的陳又晞；有看起來天然呆綽號饅頭，但卻是即席演說高手，擔當為大家紀錄實驗結果並解說版面的陳佳筠；有看起來慵懶迷糊，實際上是籃球好手，對於實驗操作比大家都細膩的劉柏辰。雖然常歡笑不斷，但同學間偶爾有因討論時意見相佐，彼此摩擦的時候，然而實驗過程中，一次次改進實驗，找到最好的數據與方法。也不知不覺得我們漸漸更懂對方，而幾乎每天都跟團隊的同學膩在一起也培養出絕佳的默契發揮彼此的優點。例如在拆卸電子點火槍時，我們就失敗了好幾次，有時是螺絲轉不出來，有時則是剪錯電線，每個步驟都考驗著大家的團結精神，如果這是只有一個人負責全部，那麼電子點火槍的「殘骸」一定會越來越多，於是我們試著一起找出每個步驟的解決方法，然後再分配各自負責的領域，就這樣解決了一個個的問題。

眨眼，宣布我們第一名的那刻，站在上台領獎時，心中湧起的感動，一年多的辛苦和努力都值得了，這過程除了學到知識、能力外，更捨不得的是一年和同學做研究的回憶。最後感謝陪我們一路走過的彭老師和童老師，一年間帶我們越過一道又一道問題的高牆，並挺進雲林參加國賽，除了重視我們學習成績外，還有我們對自己、對同學與對手的態度。當然那段比賽前夕，師生一起忍著睡意討論的過程更是值得懷念的美好回憶。

科展的過程，教會我們的不只是知識，還有良師益友的重要，當一個人孤軍奮戰面對往往是很孤獨難受的，而同伴們互相鼓勵、彼此互拉一把，就能一起走下去。也才能共同在舞臺上發光，帶著這寶貴的經驗更希望未來有機會站上科學的舞台。



參加國展時與作品的留影。



研究電子點火槍的線路結構，並且嘗試拆解。



以現有的教具，嘗試加工製作閃電模擬裝置。

摘要

由於新聞的啟發與對大自然的好奇，我們嘗試對閃電做了一些初步的探究。從資料的收集與研讀，並且經過一系列模擬裝置的改進，從而找出較適當的模擬方法，希望從實驗中能對雷擊與閃電形狀的發生有進一步的認識。而由研究中我們有了以下初步的發現：

- 一、雷擊發生的機會，下午比早上容易出現，特別是在夏季的午後。
- 二、雷擊發生的機會，海洋多於沿岸陸地、北部多於南部、山地多於平地。
- 三、台灣夏季雷擊發生原因來自於地形雷雨、鋒面雷雨與對流雷雨。
- 四、金屬製品、或具有尖端等性質的物質是比較容易被雷擊的。
- 五、閃電的形狀，通常是會依循較有利的路徑而形成。
- 六、避免雷擊的方法有：雷擊發生時應避免在高處或水邊活動、避免穿著潮濕衣物等。

壹、研究動機

從新聞中常見雷擊的消息，無論是擊中建築物或是路人，都會造成極大的損失，加上最近天氣的異變，使得雷雨發生似乎很常見，因此我們希望透過這個研究來探討雷擊時相關的因素，並透過實驗裝置的設計來模擬雷擊可能出現的路徑以及閃電的形狀的推敲，最後希望能找出如何避免雷擊的方法。(教材相關單元：六上自然與生活科技，第一單元，天氣的變化)

貳、研究目的

- 一、探究容易發生雷擊的時間與天氣因素。
- 二、探究雷擊與地形的關係。
- 三、設計可供模擬雷擊的實驗裝置。
- 四、探究容易被雷擊的因素。
- 五、模擬閃電發生的形狀。
- 六、找出如何避免雷擊的方法。

參、研究設備與器材

- 一、實驗器材：電蚊拍、點火槍、溫度計、直流電源供應器、鐵棒、銅棒、鋁棒、木棒、鹽、塑膠棒、鐵釘、磁磚、玻璃片、塑膠片、鐵片、木片、顯微鏡、塑膠盒、乾電池、積木、錫箔膠帶
- 二、數據分析來源：台電綜合研究所 2015 年空對地雷擊偵測資料

肆、研究過程與結果

一、探究容易發生雷擊的時間與天氣狀況。

方法：在日常生活中實際觀察及記錄雷擊發生的時間，然後製成圖表分析。

說明：實際觀察中如有看見閃電或聽到雷聲均屬具有「雷擊」現象。

結果：如表 1-1。

表 1-1：雷擊的觀測紀錄

月分/ 時刻	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
7月	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	2	0	0	0
8月	0	1	0	0	0	2	0	1	1	2	2	3	3	0	1	0	0
9月	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	3	3	3	2	0	0
10月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
3月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

發現：1.雷擊發生的機會，下午比早上容易出現。

2.調查的時刻中，以 16~18 時出現雷擊次數較多。

3.調查的月分中，以 7、8、9 三月出現雷擊次數較多。而 10 月到隔年 5 月幾乎沒有觀測到雷擊的發生。

討論：因為半夜時間我們無法觀測等因素，以及為確保更符合實際雷擊的出現情形，所以我們也向台電研究所申請了 104 年一整年的空對地雷擊觀測資料，同時將此資料在不同時刻及月分、季節間分別做了統計，如下圖 1-1、1-2、1-3，結果發現雷擊出現較多的時刻及月分分別是落在 14~18 時以及 6~9 月之間，而在天氣較不穩定的夏天，相較於天氣較穩定的冬天，則是一年中出現雷擊較多的季節。而在觀察經驗中，我們發現發氣溫較高的時候，出現雷擊的次數似乎也較多、雲層通常也較厚，所以我們猜想氣溫和相對溼度可能也是影響雷擊的因素。因為一般來說，下午 14 時之後多是一天中氣溫較高的時候，此時會因為對流旺盛，而使天氣呈現較為不穩定的狀態，加上如果空氣中的相對溼度也足夠的話，那麼形成對流雷雨的機會就會大增，自然雷擊的機會也就較多了。至於晚上則多會因為大氣溫度下降，大氣變得較為穩定，因此形成雷雨的機會也就較低了。

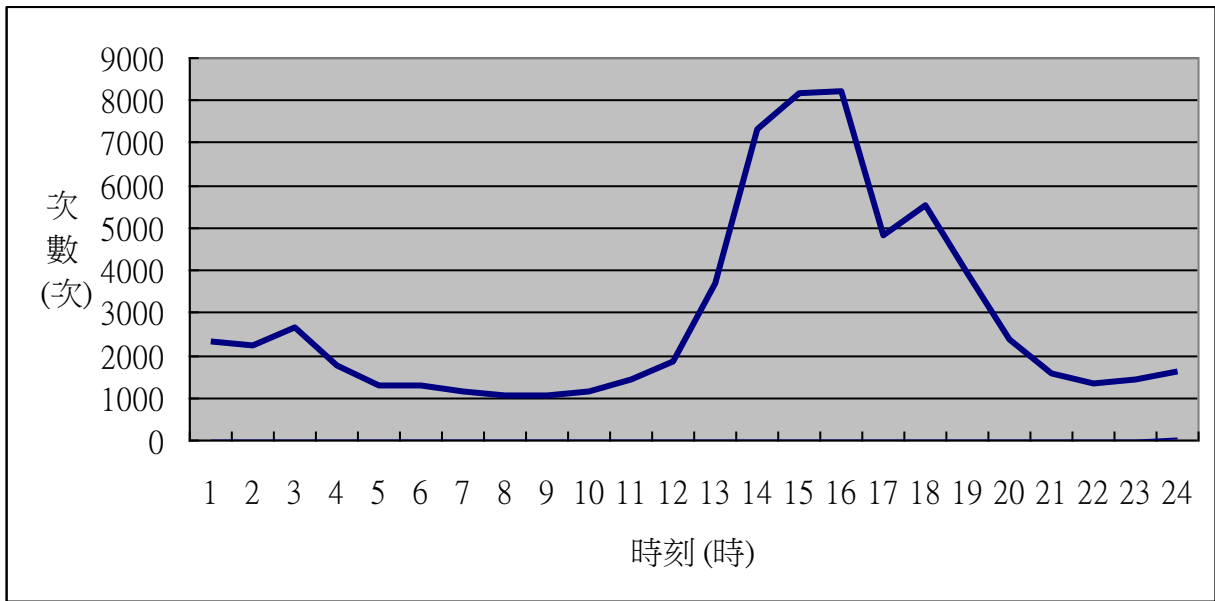


圖 1-1：104 年不同時刻的雷擊次數統計圖

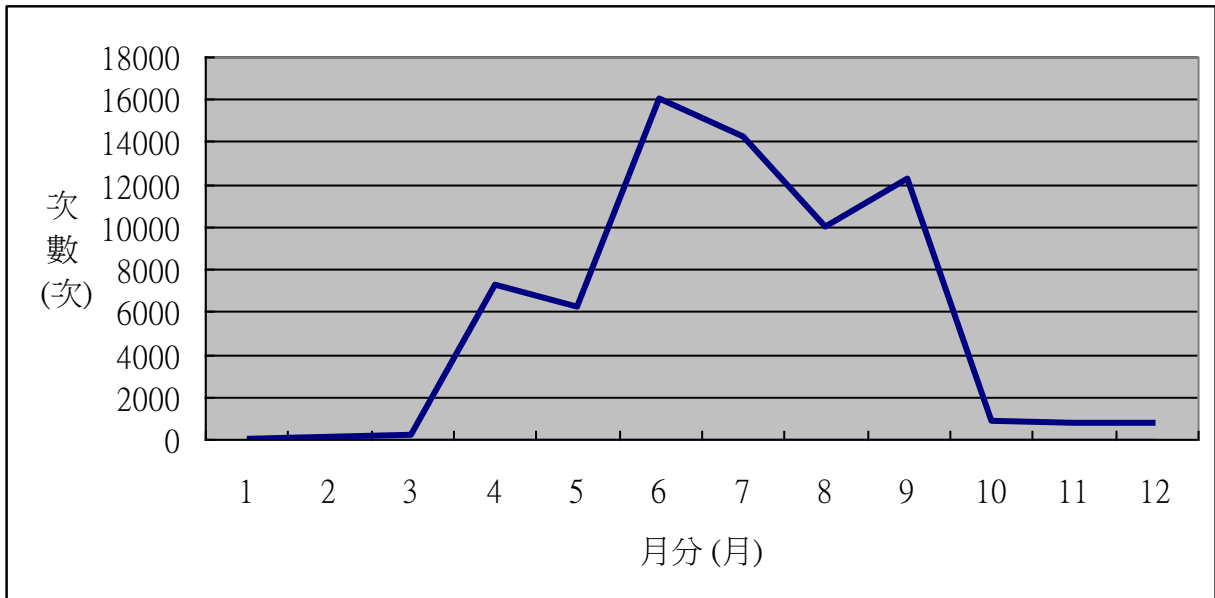


圖 1-2：104 年不同月分的雷擊次數統計圖

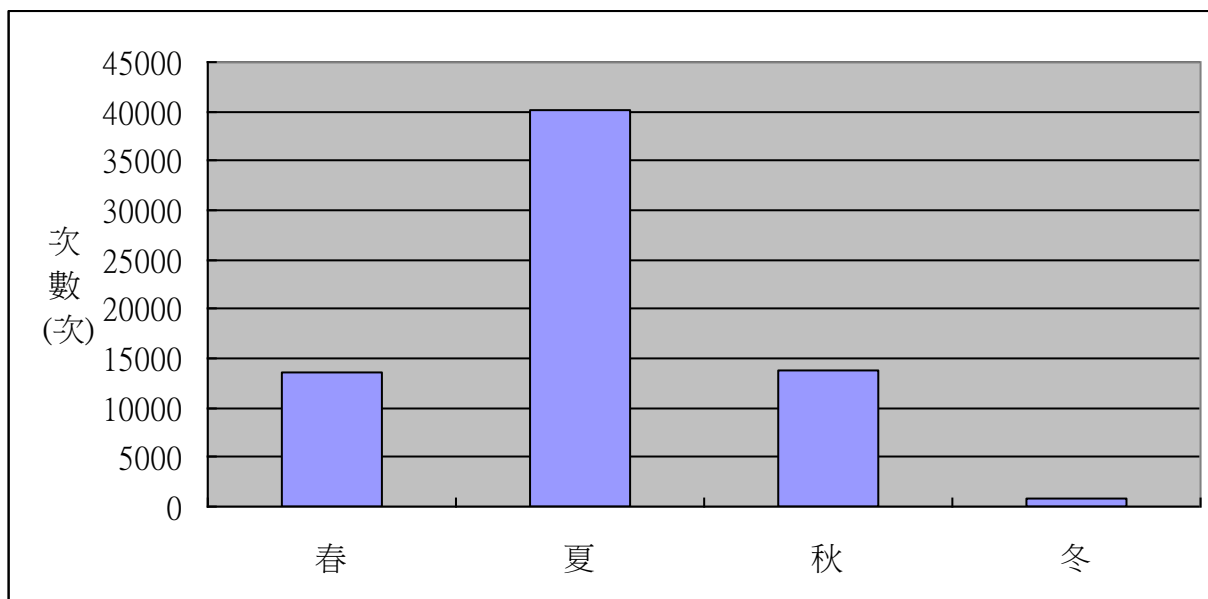


圖 1-3：104 年不同季節的雷擊次數統計圖

想法：一般雷擊發生在夏天的午後，當雷擊發生時地面的氣溫和相對溼度的關係會是如何？

方法：從上述的實際觀測紀錄中，在中央氣象局台中氣象站的天氣觀測中找出相對應時間的氣溫及相對溼度，然後做成圖分析。

結果：如圖 1-4。

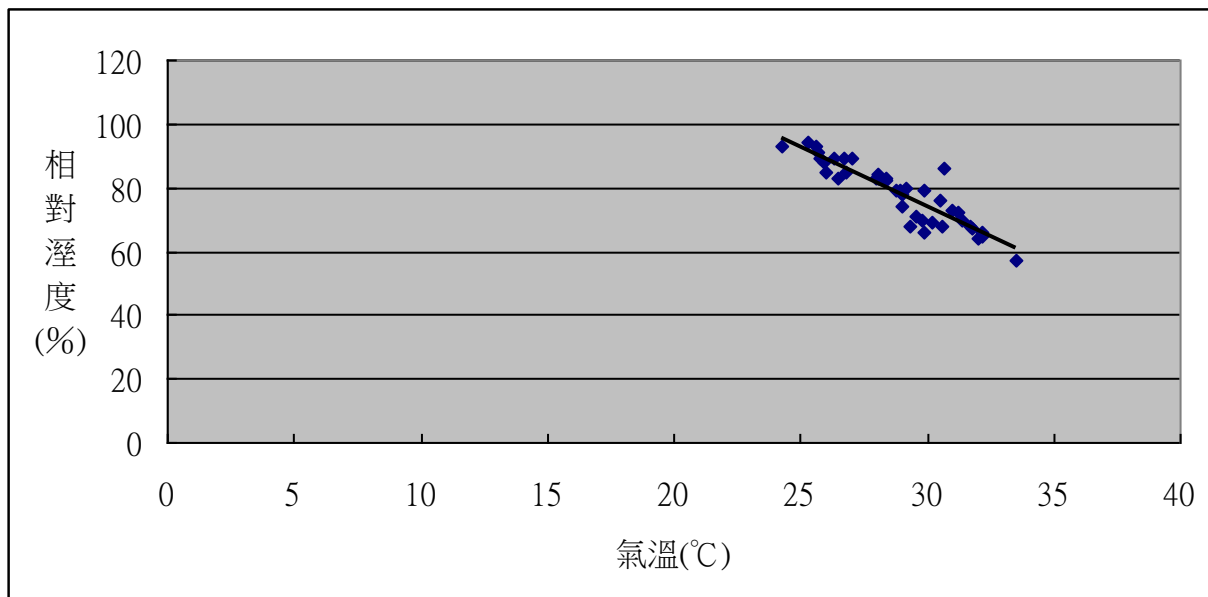


圖 1-4：閃電發生時地面的氣溫與相對溼度關係圖

發現：1.雷擊發生時，地面的氣溫多介於 25°C 到 33°C 之間，而相對溼度則多是在 60% 以上。

2.雷擊發生時的氣溫越高，相對溼度則較低。反之，當氣溫較低時，就需要有較高的相對溼度，才比較有可能發生雷擊的機會。

二、探究雷擊與地形的關係。

方法：依台電研究所 104 年一整年的空對地雷擊觀測資料，以台灣為中心，將其區分成 8*8 個區域，然後就每個區域中所發生的雷擊次數加以總計，最後依每個區域次數的不同分別予以不同的顏色旗幟加以分析。

結果：如圖 2-1。

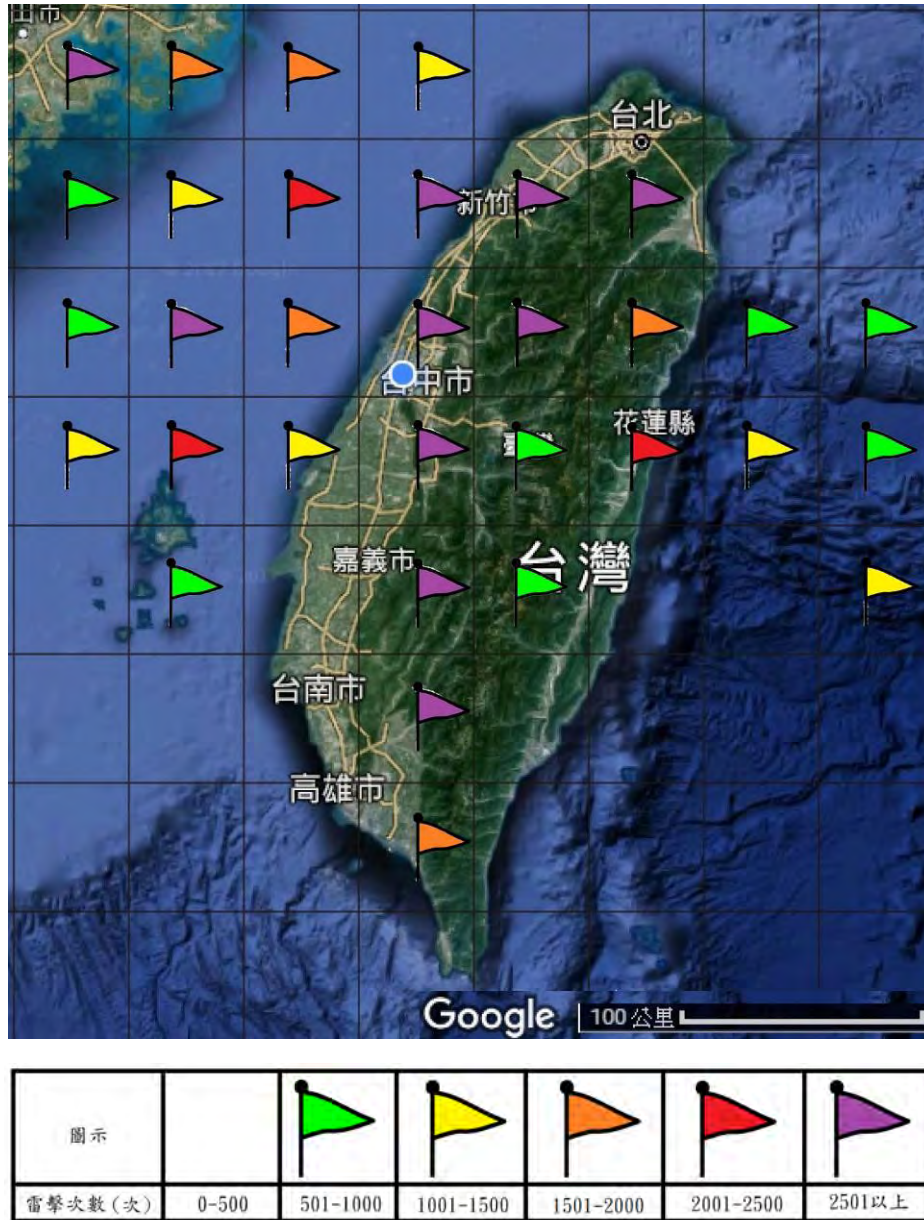
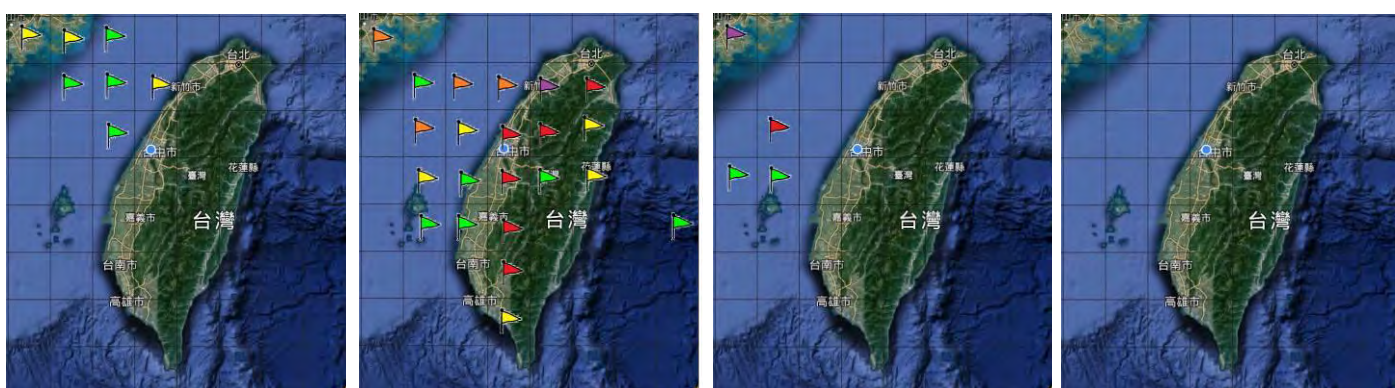


圖 2-1：104 年不同區域的雷擊次數分布圖

發現：雷擊發生的機會，海洋多於沿岸陸地、北部多於南部、山地多於平地。

- 討論：1.由於形成雲需要大量的水蒸氣，因此海洋的上方最容易形成雲，如果此時對流旺盛形成雷雨的機會更大，因此海洋上形成雷擊的機會相對較沿岸多。
- 2.來自海上的水氣遇到山地時，水氣會隨著迎風面的山坡向上爬升，易因為舉升作用形成雨雲，而容易產生雷雨，因此山地雷擊的機會亦會大於平地。因為台灣中央有山脈阻隔，南北貫穿台灣，而桃竹苗等北部地區以山地丘陵地形為主，所以會因為上述地形的作用，使得北部雷擊的機會也較南部來的大。
- 3.在雷擊次數的分布圖中，我們發現由北到南由雷擊次數最多的紫色旗子在中央山脈西邊形成像牆一樣的雷擊帶，通常在山坡地發生雷擊是因為地形舉升的作用而形成，而我們台灣來自西邊的水氣以夏季的西南氣流為主，因次我們猜想雷擊發生的原因除了地形之外，季節是否也是個很大的因素，因此我們再以四季的雷擊次數分佈，如下圖，作為我們討論的依據。



上圖由左至右依序為春、夏、秋、冬的雷擊次數分佈圖

圖示						
雷擊次數 (次)	0-500	501-1000	1001-1500	1501-2000	2001-2500	2501以上

- 4.從四季的雷擊次數分佈圖中，我們發現雷擊次數較多的區域仍以夏季所占的最多，而且海洋陸地均有分佈。其次是春、秋季，但多呈現在海洋的區域上，我們可以推論應該是此時來自南方的暖空氣和來自北方的冷空氣互相抗衡的結果，而產生的鋒面雷雨所致。至於冬天的分佈圖上，則未出現雷擊次數較多的區域，推測此時來自北方的乾冷天氣導致天氣較穩定是重要因素。另外，我們亦發現夏天的分佈圖上，紅色旗子分佈的地區與全區雷擊次數分佈圖中紫色旗子雷擊區域幾乎一致。而夏季之所雷擊次數會較高，我們認為可能的原因如下：一是夏季時來自海上的西南氣流，在遇到山坡地時，因為舉升作用所產生的地形雷雨。二是因為西南氣流逐漸增強與來自北方的冷空氣相互抗衡所產生的鋒面而帶來的雷雨，如春末夏初時梅雨季節時，因為滯留鋒所帶來的鋒面雷雨等。三則是由於夏季午後因為高溫產生旺盛的對流而成對流雷雨，使得雷擊的機會增加。因此，由上面所述，我們可以歸納出台灣夏季產生雷擊的原因包含地形雷雨、鋒面雷雨與對流雷雨。

三、設計可供模擬雷擊的實驗裝置。

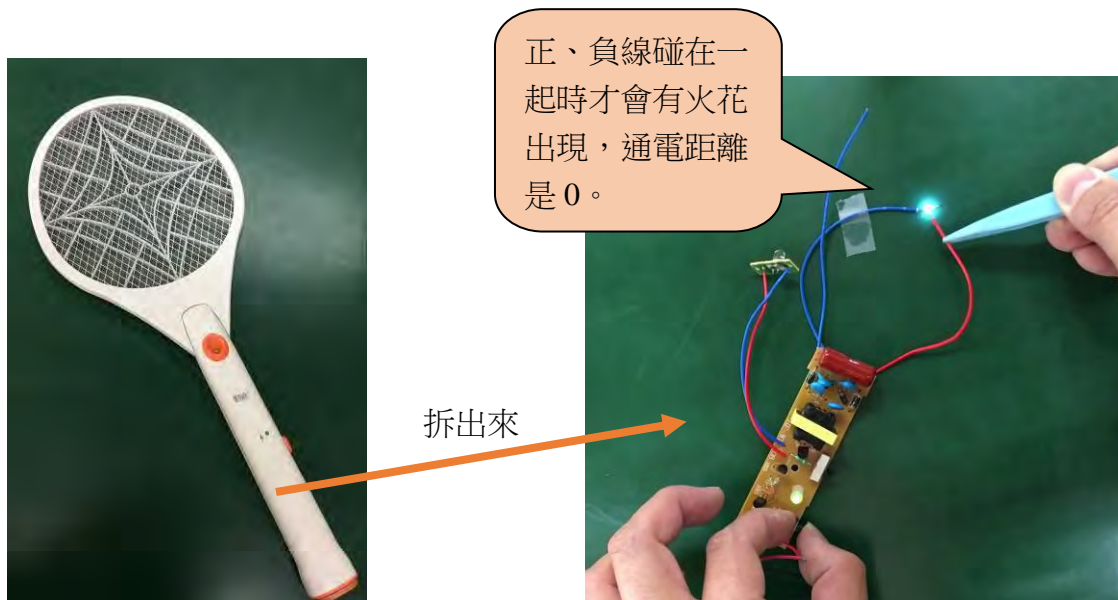
說明：閃電就是正負電中和並產生火花的現象，從資料上來看每一公分的距離最少要有 3000 伏特的電位差才能產生閃電的現象，因此為了要得到這麼大的電位差，實驗時我們最大的問題在於如何將電壓變高來產生火花。我們透過資料收集與討論，並找出生活中常見可產生火花的裝置，如電蚊拍和電子點火槍等，嘗試使用它們，當成是可以放電產生火花的電子裝置，再透過不斷的設計與實作，將其改造成在實驗室裡可以模擬閃電的高壓電裝置。

第一代：

方法：我們挑選市售輸出電壓達到 3000V 的電蚊拍來做放電的裝置，拆下裡面的放電元件，接上電池後做放電的測試，同時量測可以產生最大有效的通電距離。

說明：最大有效的通電距離，以下我們簡稱為「通電距離」，是指經由線路接通放電後，可以持續產生火花的現象時，接頭兩端間的最大距離。也就是使用電子裝置後能夠連續放電後所量測到的最大距離。

討論：雖然理論上，每一公分達到 3000V 就能夠產生放電的火花，但是，實驗中並無法達到產生放電的效果，電蚊拍的放電元件在正、負導線沒有碰在一起時，根本無法產生火花，因此，通電距離是 0，無法達到我們想要模擬的效果，幾經討論之後，我們想到一般的電子點火槍就有電子跳渡的效果，因此就成為下一個我們想要改成模擬閃電的放電裝置。



第二代：

說明：我們將電子點火槍拆開後，將裡面的元件拆下來，再接上 1.5V 的電池後，發現在一定距離下已經能夠產生電子火花，但是每一次實驗時，要如何控制電壓、電流相同時，卻發現市售的電池在三用電表測量下每個電池的電壓和電流都不相同，甚至同一顆電池在使用一段時間後也會不相同，所以我們將電池的部分改為電源供應器，嘗試改變一些因素，希望達到較好的模擬閃電的效果。



實驗一：提供的電壓大小會影響電子火花的距離嗎？

方法：拆解電子點火槍的起電裝置，並透過改變不同的電壓（電流控制在 3A），分別記錄可以通電的距離，每個實驗重複操作三次，然後加以平均比較。

結果：如圖 3-1。

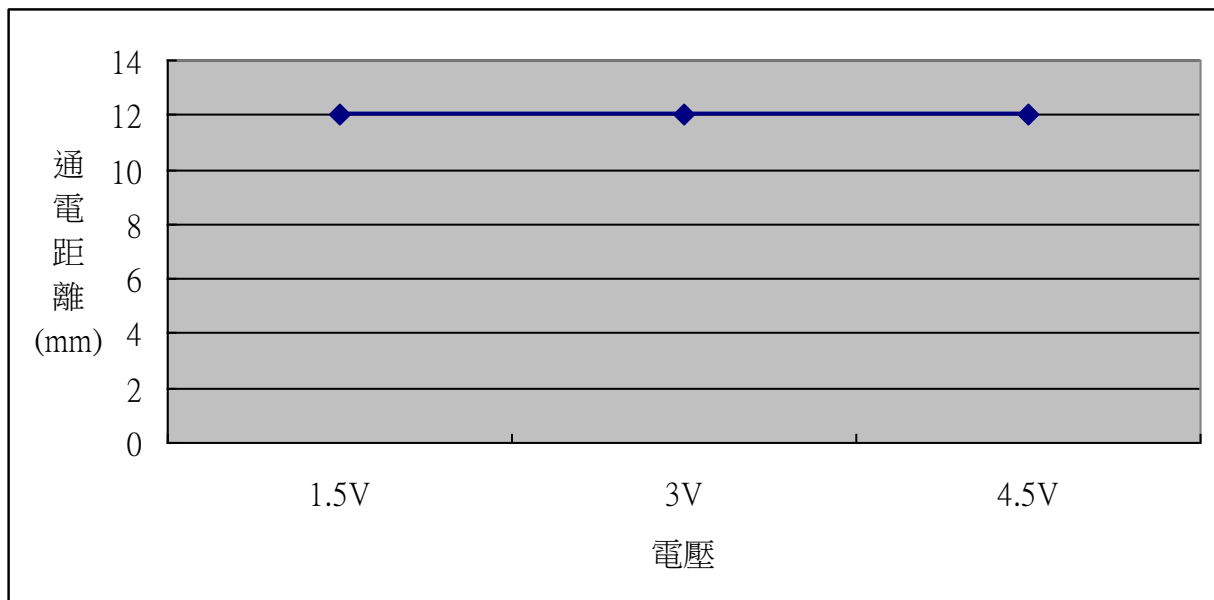


圖 3-1：不同電壓對通電距離的影響

發現：提供的電壓大小不會影響實驗的結果。

實驗二：提供的電流大小會影響電子火花的距離嗎？

方法：同上，將電壓控制在 1.5V 下，改變電流的大小，每個實驗重複操作三次，分別記錄可以通電的距離。

結果：如圖 3-2。

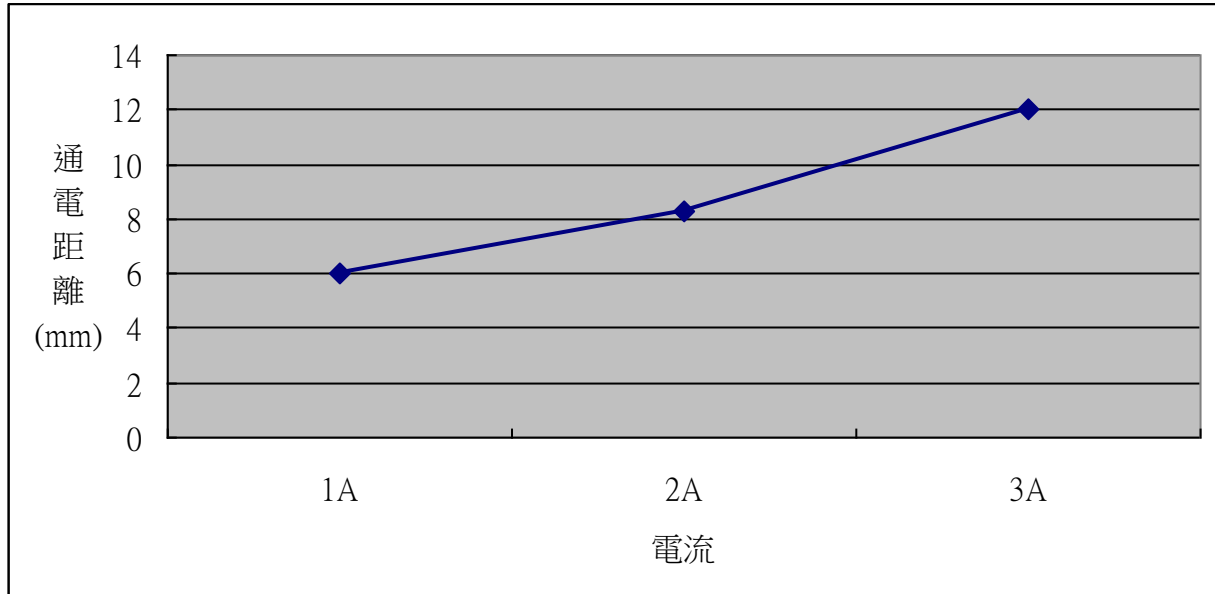


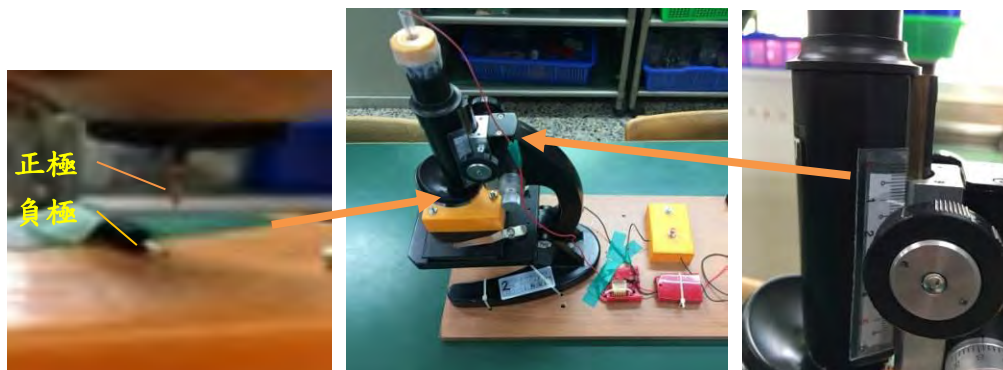
圖 3-2：不同電流對通電距離的影響

發現：提供的電流大小會影響實驗的結果，電流越大通電距離也越大。

- 討論：
1. 電子點火槍的元件，原本的輸入電壓是 1.5V，在改變電壓的實驗中，我們發現電壓增加時，每分鐘電擊的次數會增加，但是相對的元件一下子就會損壞，當電壓超過 6V 以上時，則會直接燒毀我們的裝置。因此，往後的實驗都是將電壓設定在 1.5V、電流在 3A 的基準上。
 2. 在放電產生電擊的過程中，如果旁邊有較容易導電的材料會使得電擊的距離變短，因此，我們為了能夠在不影響電擊產生的情況下做實驗，所以我們想將實驗的環境變得更單純一些。
 3. 電子點火槍的高壓電輸出是連續的，但是當達到一定距離後，放電的情形就會開始變得不連續，因此我們將達到不連續前的最大距離當成是最大的放電有效距離，也就是上述所謂的通電距離。
 4. 實驗中，如果通電距離越大，代表該因素會使得相同電壓下更容易產生電子跳渡的現象，就是越容易產生閃電；相反如果連續放電距離越小，代表該因素會使得相同電壓下更不容易產生電子跳渡的現象，代表越不容易產生閃電。
 5. 測量時，常出現剛開始時的數據就不太相同，為了得到更可信的數據，減少我們測量時的誤差，所以我們進一步改進了裝置，希望將能測到更好的數據。

第三代：

方法：將電子點火槍的元件安裝在顯微鏡的支架上，透過粗調節輪的轉動，可以穩定的改變距離以符合測量時的需要。另外，將電子點火槍的元件拆下，將顯微鏡的接目鏡與接物鏡拆下，把電子點火槍元件透過孔洞穿入，之後由接物鏡的孔洞穿出，把元件產生高壓電的尖端固定到接物鏡上。測量部分，將調節輪轉到最低，透過尺規先測量出放電的尖端與安裝有負極線的載物平台的起始最低距離。在粗調節輪的鏡筒旁邊，將尺規以相對應的高度貼上，讓鏡筒旁可以讀出放電尖端到平台的距離。其他元件為了避免放電的現象，兩條電線要盡量遠離，以避免不必要的放電，然後完成最後的改裝。

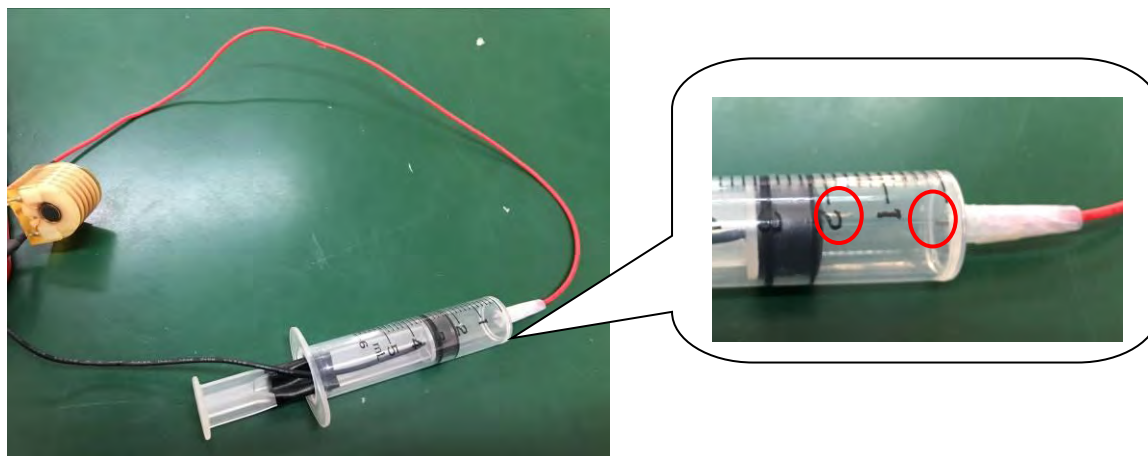


討論：對於這個設計，我們充滿了信心，但實驗時，剛開始的通電距離卻較由電子點火槍拆下來時的長度還短。對於通電距離變短這事，我們覺得很驚訝，但是在做了幾次實驗後，在一次實驗中，發現在高電壓時，電線竟也會對顯微鏡放電，而使得放電的距離變短，我們懷疑該因素極有可能就是對實驗影響的原因。因此，我們決定將元件安裝在不是導體的材料上，並改進實驗的器材以達到較佳的實驗結果。

第四代：

作法：將放電的正、負極裝置置入針筒中，使得實驗時在不被外界干擾的因素中進行。

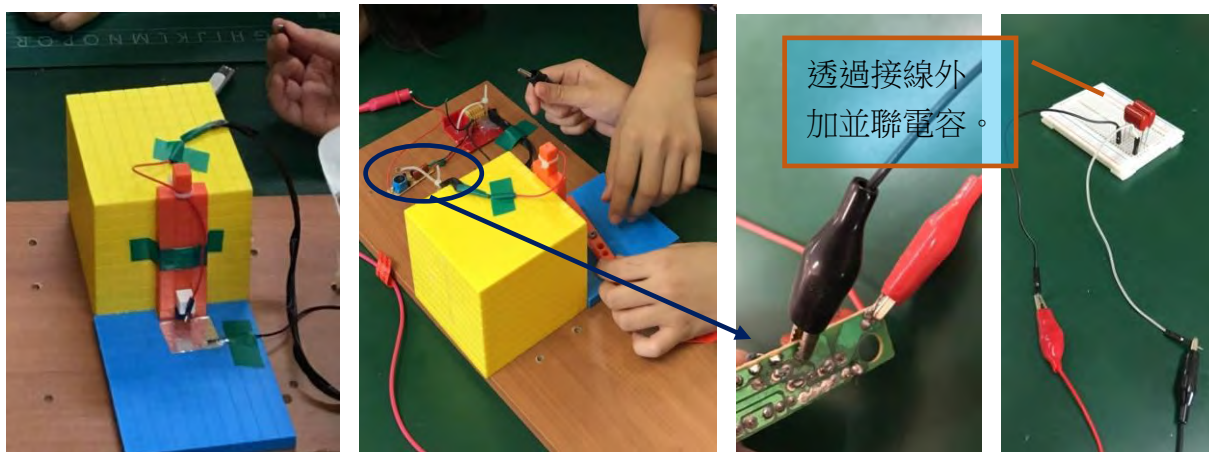
討論：放電的情形較穩定，但是因為在針筒中，所以操作上並不方便，為了讓實驗的材料容易放置，且容易操作改變的因素並且能夠更準確的測量放電的距離，因此我們想把放電的正、負極架在容易測量且不是導體的架子上。



第五代：

作法：透過立方體的積木教具，我們連成簡易的架子並進行測試。

討論：1.為了讓儀器更容易操作組裝，並且不影響實驗，我們以塑膠製的立體積木進行組裝。
2.實驗的材料容易在自製的儀器上操作，但是放電的距離卻是一直不穩定，而最大的距離也從 12mm 變成只有 8-10mm。對於在實驗桌上通電的距離能達到 12mm，但是只要一接上我們的架子上，就變得只能在 8-10mm，我們在想是否能夠加大電壓來產生較好的放電距離，經過我們討論發現元件包含 2 個部分，前面的電子電路是做電壓升壓的功用，後方的線圈是將升壓後的電壓再做一次升壓，雖然對電路不熟，但是我們查資料後發現，最後要輸入線圈的電容，似乎能夠改變輸入線圈的電壓，經過我們並聯了 2 個電容，發現在桌上的通電距離能夠非常穩的每次都達到 14mm，我們猜想能夠增加通電距離，裝到架子上至少應該也能達到 12mm。可是實際操作的結果卻發現通電距離仍然維持在 8mm，根本沒有增加。對於放電距離一直不太穩定，我們之前的經驗是導線接近導體產生了些許的放電現象，因此，減低了放電的距離。所以我們在懷疑是否電線也對塑膠積木的架子有放電的現象？在一、兩次實驗調整中，我們意外發現，電線真的也對積木放電，所以減少了放電的距離，原來我們所認知的電的不良導體在高壓電前也有可能導電。因此，我們猜想是否電線經過的平台材質也會影響通電的距離？因此，我們以此為依據再進行了裝置的改進。



實驗三：不同的平台材質會影響通電的距離嗎？

方法：將電線放電的正、負極放在不同的平台材質上，材質依序更改為玻璃、塑膠、鐵、磁磚及自然教室的實驗桌面，分別記錄可以通電的距離，然後重複三次加以平均。

結果：如圖 3-3。

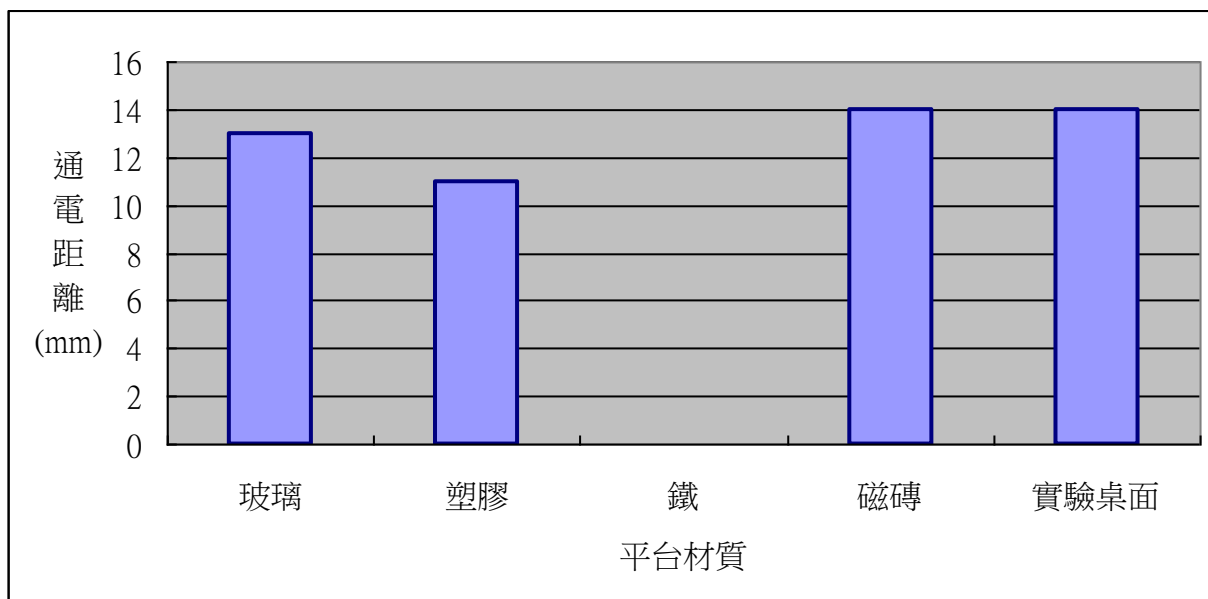
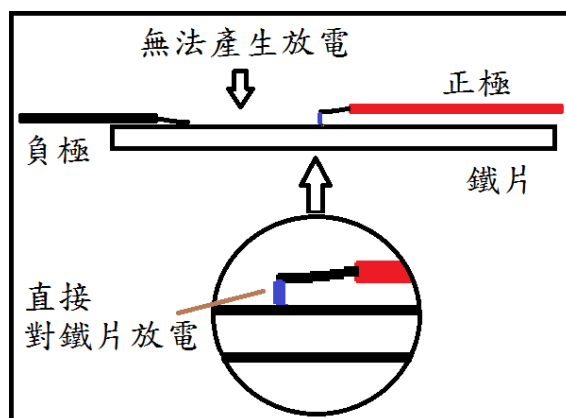


圖 3-3：不同平台材質對通電距離的影響

發現：不同的平台材質可以通電的距離不盡相同。金屬鐵片的通電距離為 0，非金屬材質部分玻璃、磁磚及實驗桌面可以通電的距離相近，而塑膠片則需較短的距離才可通電。

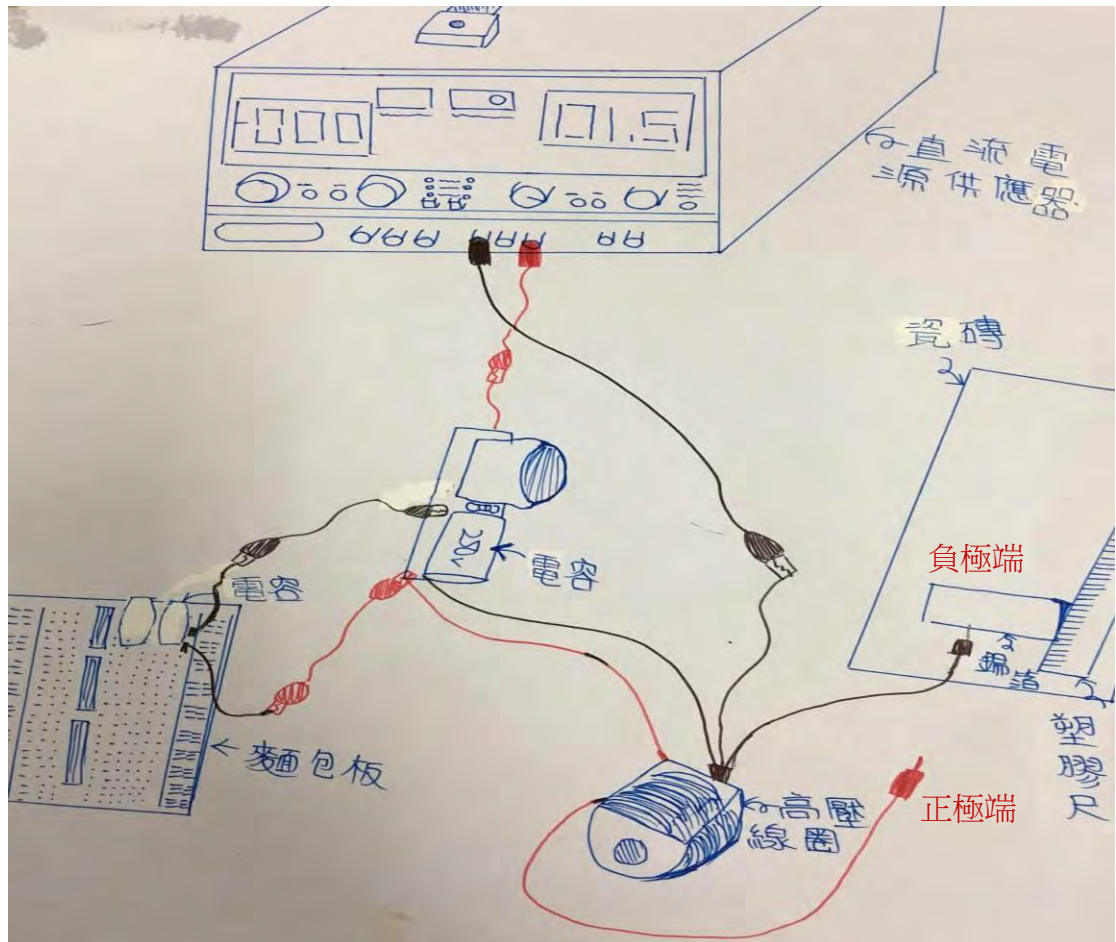
討論：1.以金屬的鐵片為平台的通電距離為 0，在實驗中我們觀察到，正極會直接打在接觸到負極鐵片的任何一個位置，而使正極與負極之間無法形成放電的現象，所以我們將實驗結果記為 0。



2.我們發現在實驗桌上和磁磚的表面上，通電距離都能穩穩的達到 14mm。為了在實驗中操作變因時放置實驗物品較方便，因此我們選擇使用磁磚表面，並且為了讓實驗物體接在負極時較方便，在不影響放電距離下我們將負極貼在一片錫箔膠帶上，經過測試錫箔膠帶的邊緣與正極的放電距離依然穩穩的在 14mm，且加上用尺規用三角板良好位置並固定好，而完成了最後模擬閃電的裝置，實驗時，只要將要測量的物品放在錫箔膠帶上，就能輕易的量測出實驗數據了。

第六代：

作法：將電子點火槍拆下之零件組裝在麵包板上，並且並聯兩個電容後，再重新測試，如下設計圖所示。



- 討論：
1. 因為之前實驗過程中，常因某個零件損壞而必須重新從一個新的電子點火槍再取下零件，致使過程不但繁瑣而且也會浪費其他的電子元件，因此將電容組裝在麵包板上，所以零件壞掉時，比較容易替換。
 2. 在前面的實驗裝置中，我們發現即便是組裝在塑膠的積木上仍然對積木放電，致使放電的距離變短，但是在實驗桌上測試時卻又不影響，所以我們除了再改為平面上測試外並討論在何種材質上較容易實驗，依據實驗三結果來完成裝置。
 3. 最後完整裝置過程如下：
 - (1) 使用市售的電子點火槍所拆下的放電元件，包含電路板、高壓線圈、放電的正、負極。
 - (2) 在電路板的部分找出電容的位置，使用麵包板並聯上 2 個相同的電容。
 - (3) 使用電源供應器，提供 1.5V、3A 的電源。
 - (4) 將放電的正、負極裝在磁磚的表面。
 - (5) 架設尺規，將負極線貼在錫箔紙上。並將錫箔邊緣對齊直尺的 0 公分的地方。
 - (6) 通電後，以塑膠鑷子夾取正極端，靠近負極錫箔邊緣即可見到模擬的閃電。

四、探究容易被雷擊的因素。

實驗四：什麼性質的物質較容易被雷擊？

方法：方法如上述，但在導電膠帶上分別接上銅棒、鋁棒、木棒、塑膠棒、鐵棒，然後量測通電距離。

結果：如圖 4-1。

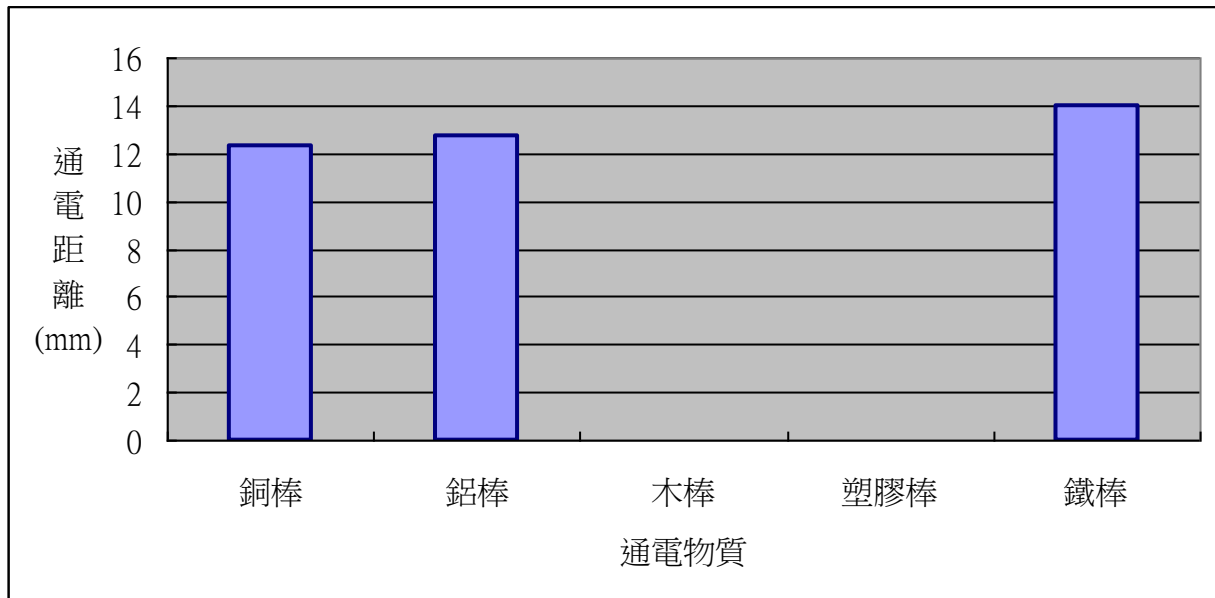
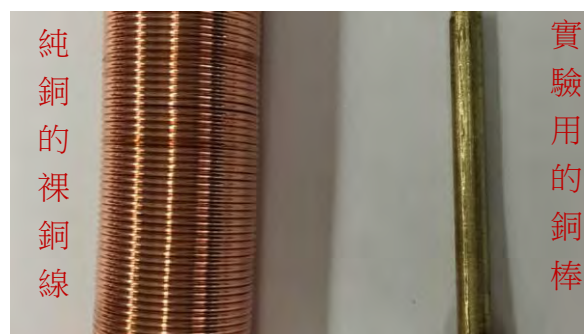


圖 4-1：不同通電物質對通電距離的影響

發現：鐵棒可以通電的距離較長，而銅棒、鋁棒效果差不多，木棒、塑膠棒則完全無法通電。

討論：1.通電距離金屬會大於非金屬。

2.銅棒一般而言導電度會比鐵棒好，但是實驗結果卻發現和我們所預想的不一樣，之後我們找了純銅的裸銅線和銅棒比較發現顏色不太一樣，我們懷疑銅棒不是純銅。所以才會導致結果不如預期。



想法：我們使用避雷針的形狀都是尖尖的，是否物體的形狀也是影響被雷擊中的因素之一？

實驗五：物質的尖端和鈍端何者較容易被雷擊？

方法一：方法如上，但在導電膠帶上分別聯結鐵釘尖端及鈍端，然後量測通電距離。

方法二：方法如上，但在導電膠帶上同時聯結鐵釘尖端及鈍端，且兩者相距 1 公分，然後分別在尖端上方、兩者中間及鈍端上方予以通電，並記錄在 20 次的通電中的通電路徑。

結果：如圖 4-2、表 4-1。

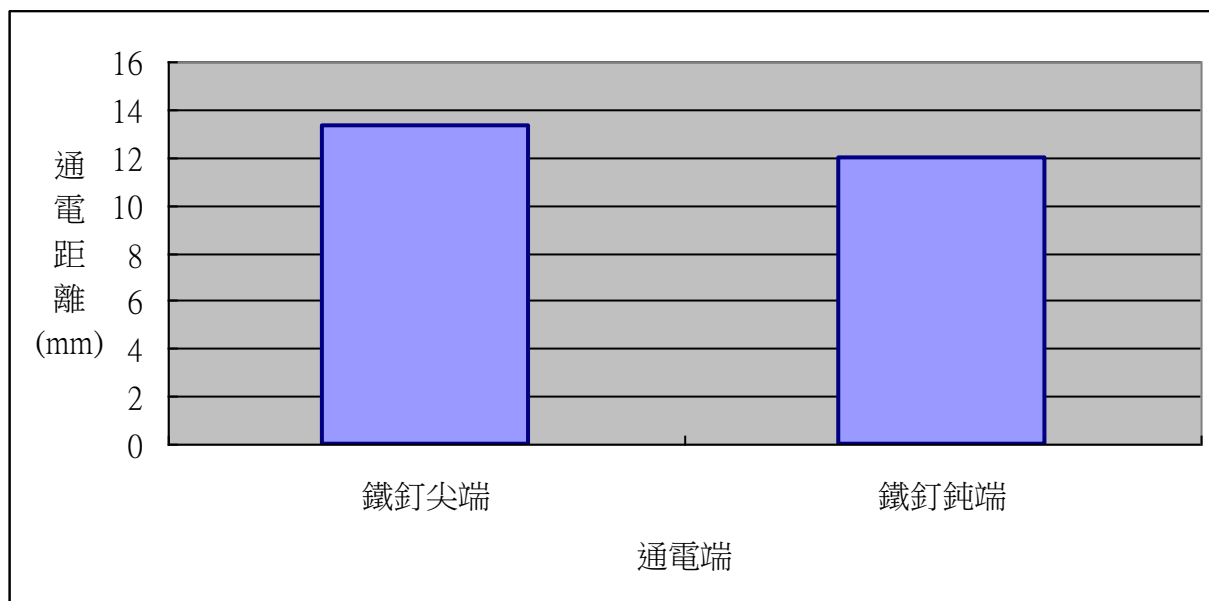


圖 4-2：鐵釘不同通電端對通電距離的影響

表 4-1：不同通電端(尖端與鈍端)對通電路徑的影響

通電位置	尖端上方		中間上方		鈍端上方	
	尖端	鈍端	尖端	鈍端	尖端	鈍端
第一次	20	0	18	2	0	20
第二次	20	0	17	3	0	20
第三次	20	0	18	2	0	20
平均	20.0	0.0	17.7	2.3	0.0	20.0

發現：1.鐵釘尖端可以通電的距離較鈍端長。

2.通電位置在鐵釘尖端上方時，通電路徑始終是由尖端通過。

3.通電位置在鐵釘鈍端上方時，通電路徑始終是由鈍端通過。

4.通電位置在兩者中間上方時，通電路徑多數是由尖端通過。

想法：新聞上常報導，閃電發生時避免到空曠的地方或者到山上，因此我們想要透過實驗來探討同樣的空曠區域下，較高的物質是否比較容易被雷擊中。

實驗六：高的物質較容易受到雷擊嗎？

方法：在導電膠帶上同時聯結長鐵釘(高端)及短鐵釘(低端)，且兩者相距 1 公分，然後分別在高端上方、兩者中間及低端上方予以通電，並記錄在 20 次的通電中的通電路徑。

結果：如表 4-2。

表 4-2：不同通電端(高端與低端)對通電路徑的影響

通電位置	高端上方		中間上方		低端上方	
	高端	低端	高端	低端	高端	低端
第一次	20	0	20	0	5	15
第二次	20	0	20	0	2	18
第三次	20	0	20	0	2	18
平均	20.0	0.0	20.0	0.0	3.0	17.0

發現：1.當通電位置在高端及中間上方時，通電路徑始終是由高端通過。

2.當通電位置在低端上方時，多數通電路徑是由低端通過，但仍有從高端通過的情形。

想法：我們常說離開水邊比較不容易被閃電打中，所以物體的乾溼是否與雷擊有關係？

實驗七：物質的乾溼何者較容易被雷擊？

方法：1.方法如上，但在導電膠帶上接上鐵棒，記錄可以通電的距離。重複三次後，依序將鐵棒泡自來水、1%鹽水、2%鹽水及 3%鹽水後，然後記錄可以通電的距離。

2.方法如上，但將鐵釘改成木棒。

結果：如圖 4-3、4-4。

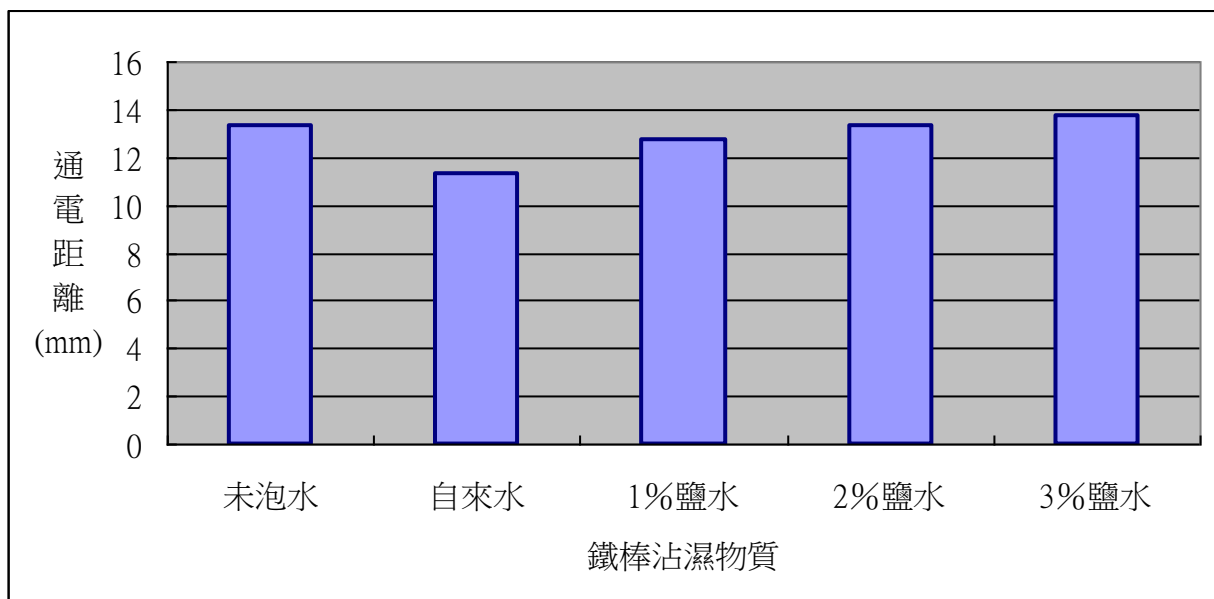


圖 4-3：鐵棒沾濕對通電距離的影響

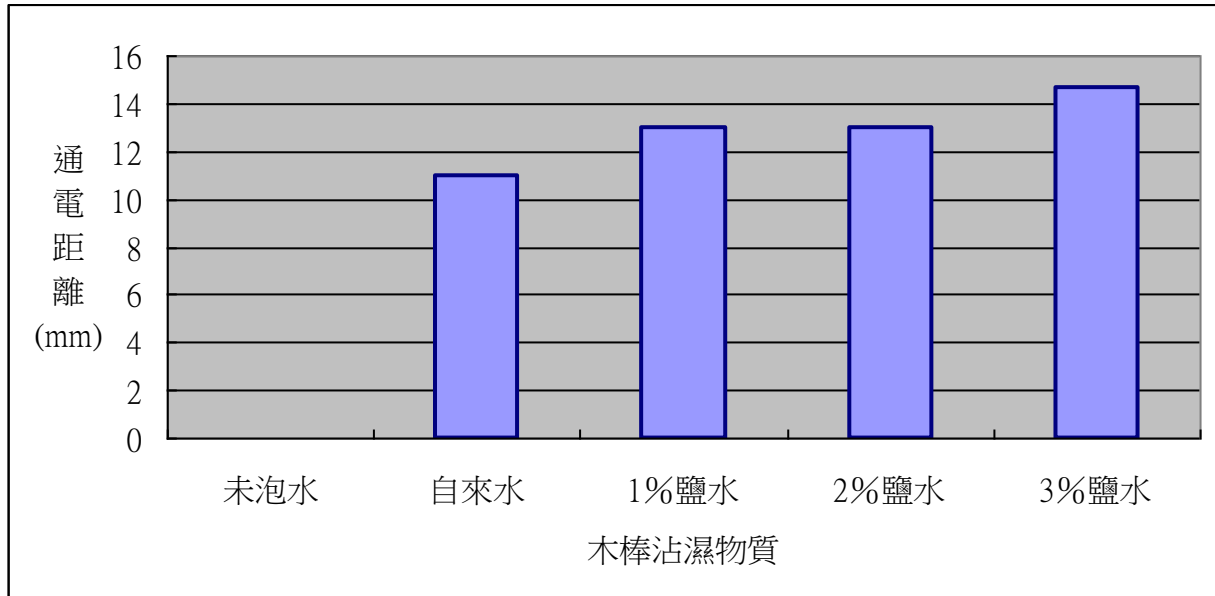


圖 4-4：木棒沾濕對通電距離的影響

- 發現：
- 1.鹽水濃度較高，可以通電的距離大致較長。
 - 2.鐵釘未泡水比泡自來水可以通電的距離長。
 - 3.沾溼的木棒可以通電的距離較未沾溼的木棒長。

討論：在鐵棒的實驗中，發現沒有泡水的鐵棒較容易通電，與我們印象中不太相同，我們猜測鐵棒本身就是電的良導體，對於表面增加的水(或鹽水)相對下不是電的良導體，比較像電線一樣外面多一層不是電的良導體反而不容易通電。後來我們思考，一般所說如果人淋濕的情況下比較容易導電，但是人並非電的良導體，因此我們選擇使用木棒(非導體)再實驗一次，發現對於非導體而言沾溼的確容易增加導電的機率。

五、模擬閃電發生的形狀。

想法：閃電的發生是因為劇烈的對流，使得冰晶或水滴帶有正、負電荷，當電壓達到夠大時，所產生的中和反應，所以我們嘗試用水滴，加上正負電的電壓差來探討閃電發生時的情形，並希望找出閃電產生時是否有跡可循，並進一步模擬閃電發生的形狀。

實驗八：探究水滴間的距離對通電距離的影響

- 方法：
- 1.每隔 1 公分將自來水滴在實驗平台上，觀察可以通電的最大水滴數。此實驗共三次，然後加以平均。並將其換算成平均可通電距離。
 - 2.同上，但將水滴間距離縮為 0.5 公分。

說明：平均可通電距離=水滴間隔距離* 平均可通電滴數

結果：如圖 5-1、5-2。

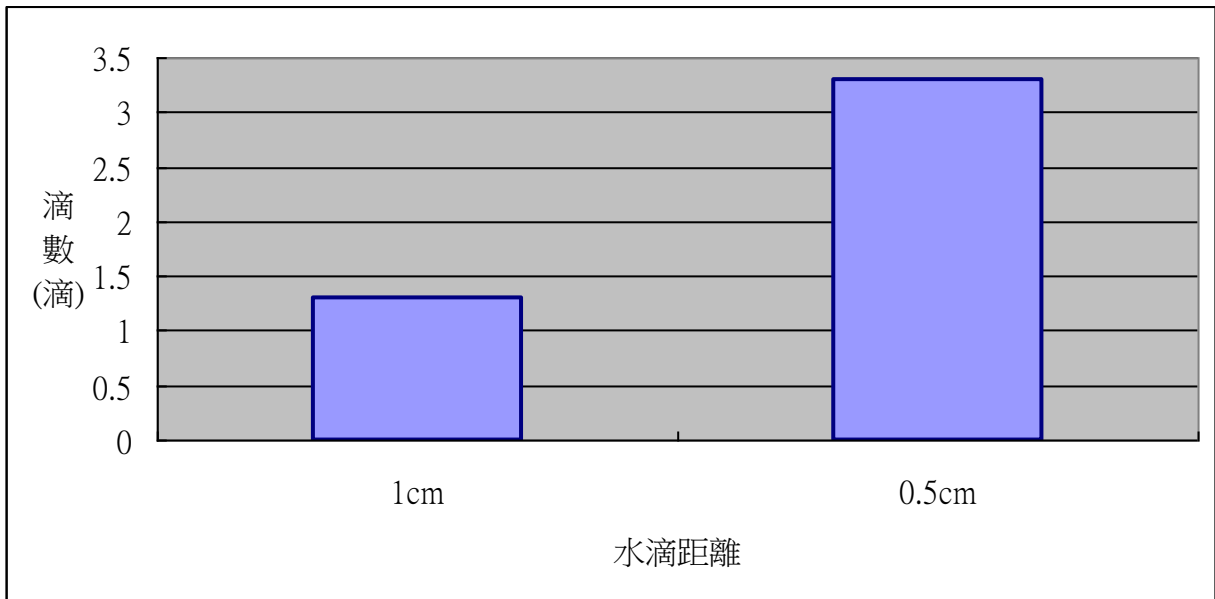


圖 5-1：水滴間隔距離與可通電滴數的關係

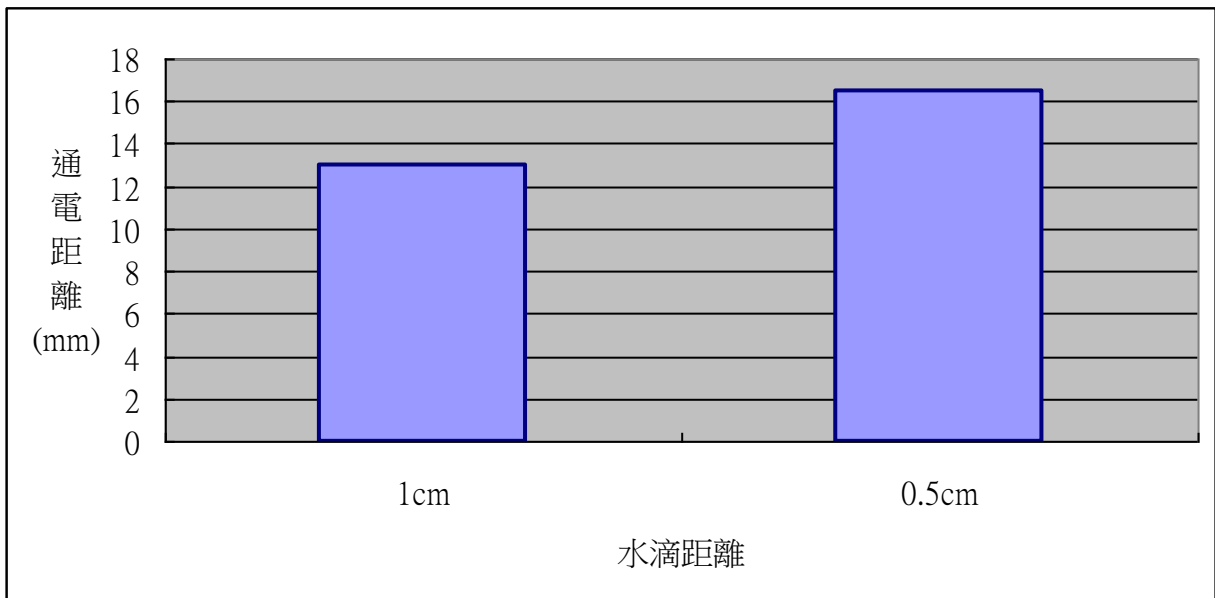


圖 5-2：水滴間隔距離與可通電距離的關係

發現：水滴間隔較短，可通電滴數較多，而換算出可通電距離也較長。

討論：我們用自來水的水滴來模擬閃電的形狀時，透過水滴可以加長電子火花跳渡的距離，可是跟沒有水滴的比起來並沒有增加太多，而水滴是否真的會產生電荷分離的現象？因此，我們想在水中加入一些容易產生正、負離子的物質，除了增加導電性之外，也透過水中的正、負離子在電子點火槍的高電壓下達到正、負電荷分離的現象。

實驗九：自來水水滴和鹽水水滴會影響通電距離嗎？

說明：由前面導電的實驗中，3%的鹽水是較容易導電的水溶液，因此水溶液方面，我們選擇用3%的鹽水作成鹽水水滴使用。

方法：每隔0.5公分將3%鹽水水滴在實驗平台上，觀察可以通電時的最大滴數與通電距離。此實驗共三次，然後平均，並和自來水水滴比較。

結果：如圖5-3、5-4。

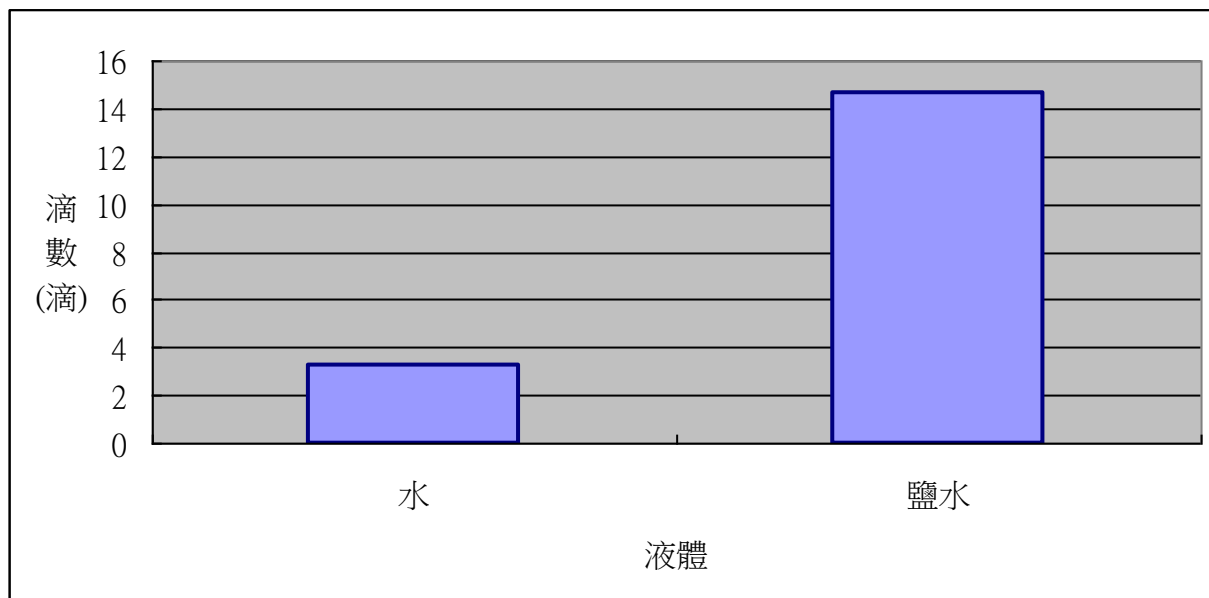


圖 5-3：不同液體對可通電滴數的影響

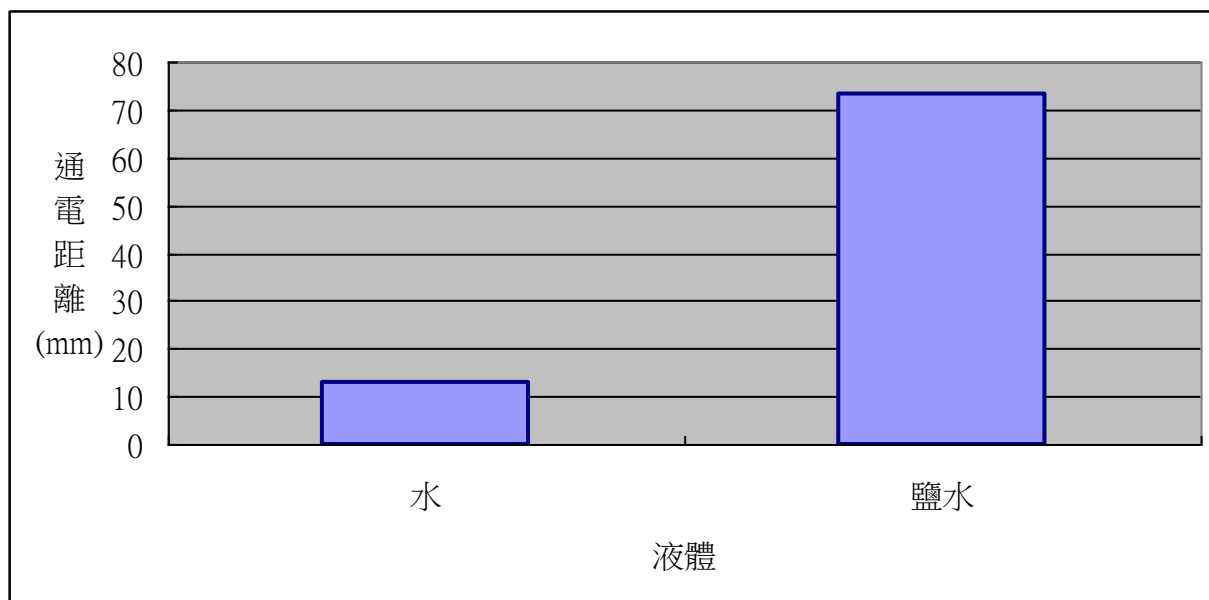


圖 5-4：不同液體對可通電距離的影響

發現：同樣的間距下，鹽水可通電的滴數較水滴多，換言之，通電距離較自來水水滴長。

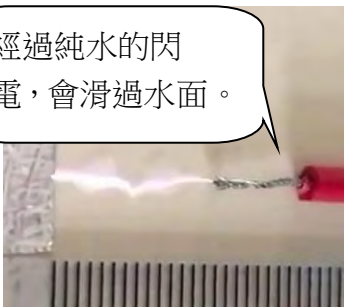
3%鹽水水滴可以增加通電的距離。



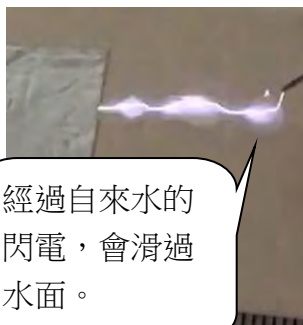
討論：1.3%鹽水會使得閃電的距離變得較長，但是這樣是否能說明水滴中的電荷分離呢？我們仔細觀察實驗，發現閃電通過自來水與鹽水的情形確實不太一樣，從自來水通過的閃電，閃電會連成一條藍色的線，從側面觀察比較像是滑過水面，而非使得水滴產生正、負電荷分離成極端兩側的現象、但是卻又增長了閃電的通電距離，因此我們猜想自來水表面是否讓水中少量氫離子與氫氧離子產生正、負排列的情形，而像導線一樣有導電的功能，而鹽水經過的閃電則是直接打入水中，從水滴間產生閃電，從而產生較長的模擬閃電。因為鹽水有較多的正、負離子，當通電時鹽水水滴因為高電壓的關係，會使得鹽水水滴產生正、負電荷分離到極端兩側的現象，進而影響下一個水滴，因此能模擬水滴電荷分離，產生閃電的過程。

2. 雖然我們推論使用的高電壓並不足以讓自來水中的離子產生正、負電荷分離，但是自來水除了少量的氫離子和氫氧離子外，也有由水中的其他物質解離出些許正、負離子，有沒有可能水中些許導電的離子在表面產生了正、負離子分離的現象，但是因為較微量而使得我們肉眼觀察像是滑過水面。因此為了確認我們推論閃電滑過水滴的表面，是因為表面形成氫離子、氫氧離子排列的關係，我們以超純水再做實驗，實驗結果發現閃電通過時，也是由水的表面滑過去，因此我們推論閃電經過自來水的表面時，水中少量的氫離子與氫氧離子的確會在表面形成正、負的排列現象使得閃電得以滑過水滴的表面。

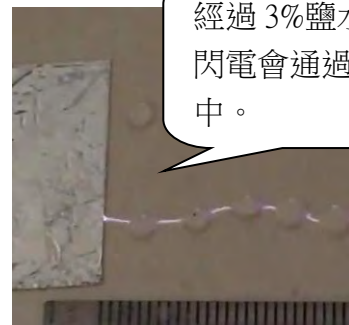
經過純水的閃電，會滑過水面。

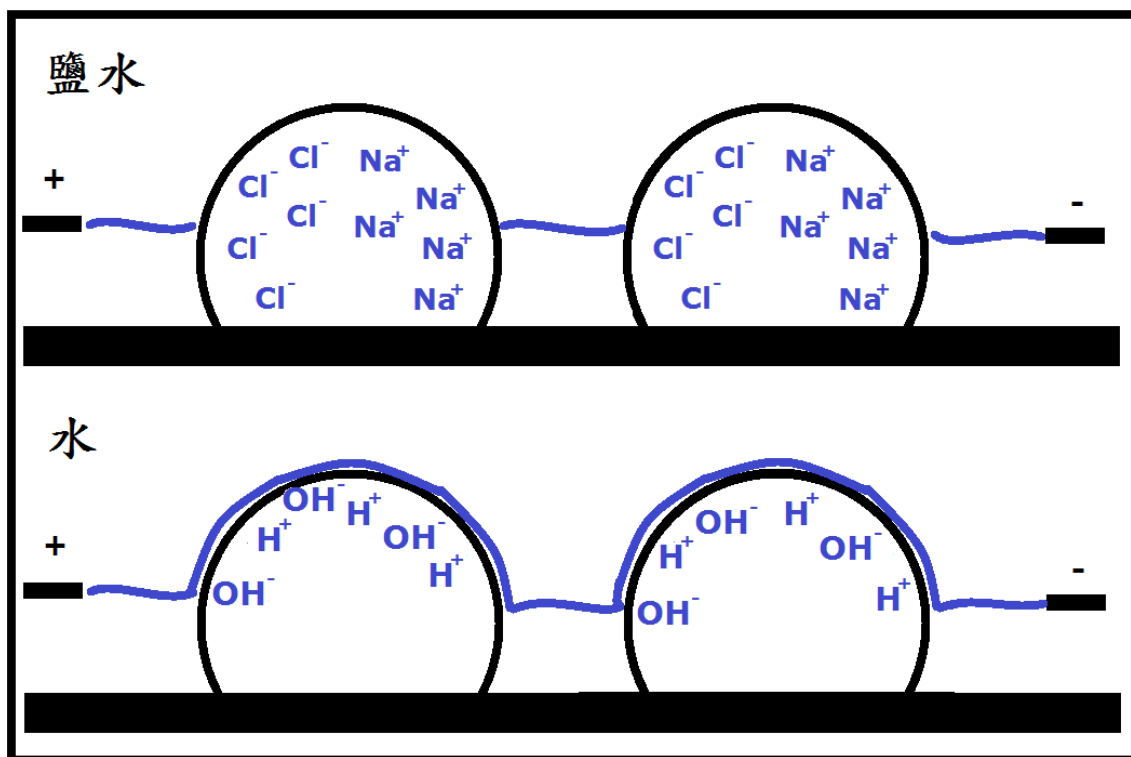


經過自來水的閃電，會滑過水面。



經過 3%鹽水的閃電會通過鹽水中。





推測閃電通過自來水與鹽水時的情形。

3.之後，我們也試著將鹽水以灑水噴霧器均勻的噴灑在磁磚表面，結果發現通電的距離可以增加到 100mm 左右，不過此時，則需要在很暗的地方才容易觀察到。

實驗十：自來水水滴和鹽水水滴會影響通電路徑嗎？

說明：為了確認在高壓的情況下，閃電是否較容易通過鹽水的路徑，我們將導電的距離控制在自來水與鹽水都能夠產生閃電的情況下，來試驗是否閃電的路徑是以鹽水為主。

方法：1.在導電膠帶的兩端分別滴上自來水水滴及 3% 鹽水水滴，並控制兩者間的距離為 0.5 公分，然後分別在自來水上方、兩者中間及鹽水上方予以通電，並記錄在 20 次的通電中的通電路徑。

2. 同上，但兩者間的距離依序改為 1 公分及 1.5 公分。

結果：如表 5-1、5-2、5-3。

表 5-1：不同通電端(自來水與鹽水，相距 0.5cm)對通電路徑的影響

通電位置	自來水上方		鹽水上方	
	鹽水	水滴	鹽水	水滴
相距 0.5cm				
第一次	20	0	20	0
第二次	20	0	20	0
第三次	20	0	20	0
平均	20.0	0.0	20.0	0.0

表 5-2：不同通電端(自來水與鹽水，相距 1cm)對通電路徑的影響

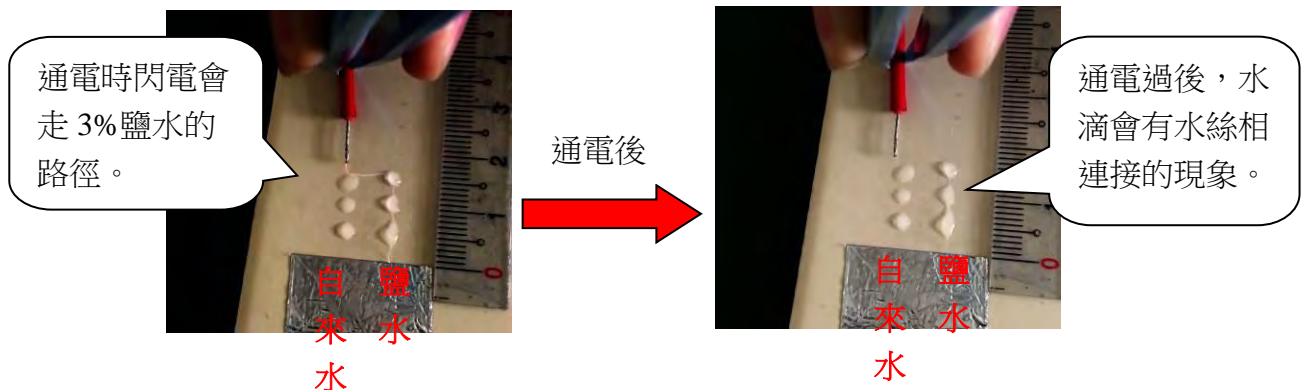
通電位置	自來水上方		鹽水上方	
	相距 1cm	鹽水	水滴	鹽水
第一次	19	1	20	0
第二次	19	1	20	0
第三次	17	3	20	0
平均	18.3	1.7	20.0	0.0

表 5-3：不同通電端(自來水與鹽水，相距 1.5cm)對通電路徑的影響

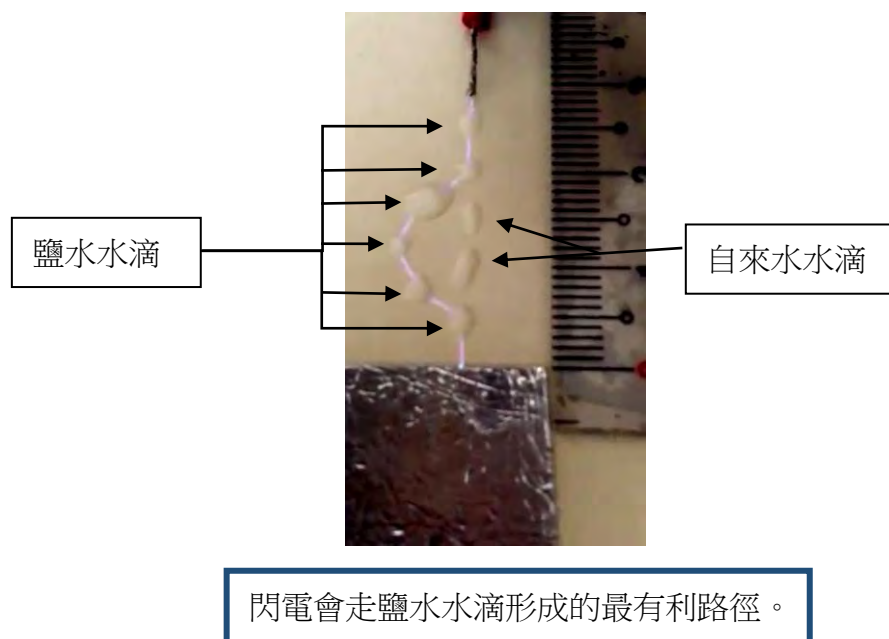
通電位置	自來水上方		鹽水上方	
	相距 1.5cm	鹽水	水滴	鹽水
第一次	0	20	20	0
第二次	0	20	20	0
第三次	0	20	20	0
平均	0.0	20.0	20.0	0.0

- 發現：
- 1.當自來水水滴和鹽水水滴相距 0.5 公分時，無論通電位置在何方，通電路徑始終是由鹽水通過。
 - 2.當自來水水滴和鹽水水滴相距 1 公分時，無論通電位置在何方，多數通電路徑是由鹽水通過。
 - 3.當自來水水滴和鹽水水滴相距 1.5 公分時，通電路徑總是由通電位置決定。

討論：1.從實驗來看，閃電比較容易由鹽水中通過，另外，我們在實驗中觀察到，鹽水水滴在通電後，鹽水水滴之間很快的會沿著閃電通過的路徑，漸漸的有一條細細的水絲使得兩個鹽水水滴連在一起，我們推論是鹽水間的電荷分離的現象，產生比較有利閃電的通道，因此，我們用鹽水來模擬閃電的情形是比較可行的方法，雖然我們無法模擬讓鹽水水滴原來就帶有電荷並在一定的電壓下而產生中和的現象，但我們仍然可透過電子點火槍的電壓，產生鹽水水滴間電荷分離並中和的現象，來說明閃電形成的路徑與形狀。



2.進一步確認閃電會走較有利的路徑，我們透過鹽水與自來水水滴的排列，並將鹽水與自來水水滴形成一條直線的最短路徑，如下圖所示，但是閃電卻是選擇繞過自來水水滴而通過鹽水水滴形成較有利的路徑，再次證明閃電會走較有利的路徑。



實驗十一：通電時，鹽水比自來水容易讓水滴相連嗎？

說明：為了驗證鹽水會較容易產生電荷分離，使得閃電更容易產生有利路徑的這個推測，因此，我們分別讓自來水水滴及鹽水水滴在能通電的最大距離下，計算通電次數需要多少次才能夠使得水滴連在一起，次數較少的就是較容易產生電荷分離，使得閃電較能夠容易導通，並透過電荷分離時，正負電荷的吸引力而使得水滴之間相連。

- 作法：
- 1.在接近負極的地方，點上一滴自來水水滴，在距離 1cm 的地方再滴一滴自來水水滴。
 - 2.通電讓閃電通過自來水水滴，計算兩滴水滴能夠連起來時所花的次數，共做三次，然後再加以平均
 - 3.重複上述實驗，但將自來水水滴改成鹽水水滴。

結果：如圖 5-5。

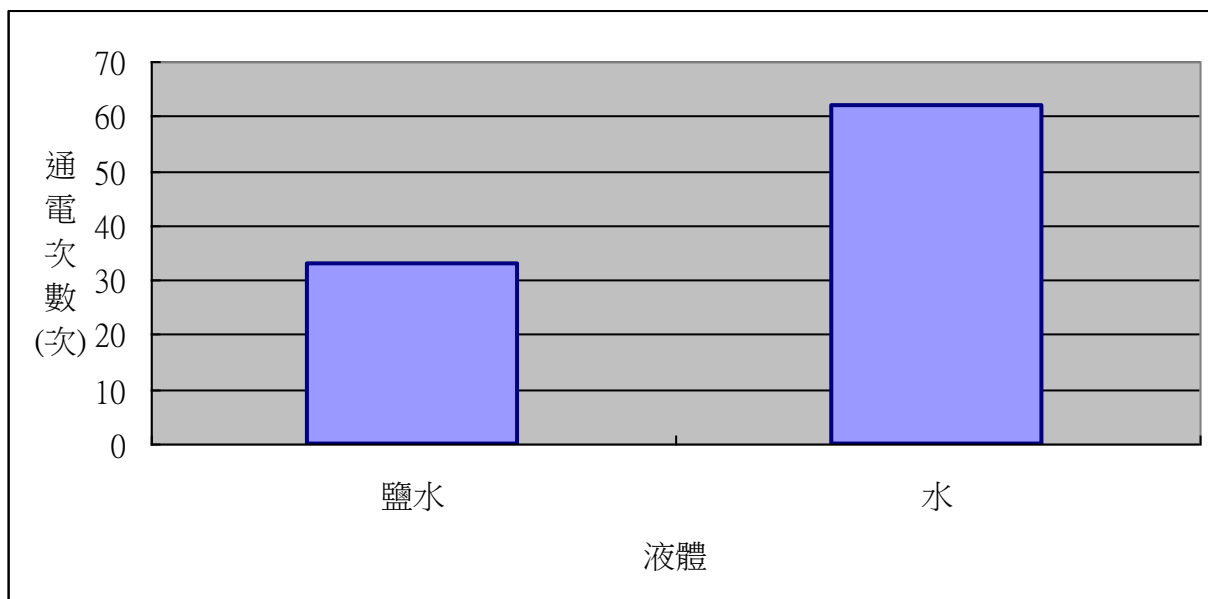
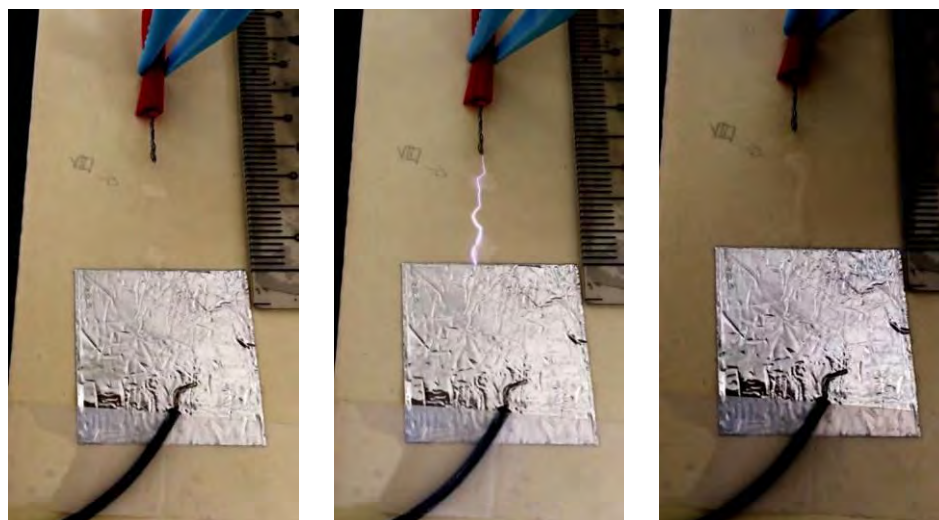


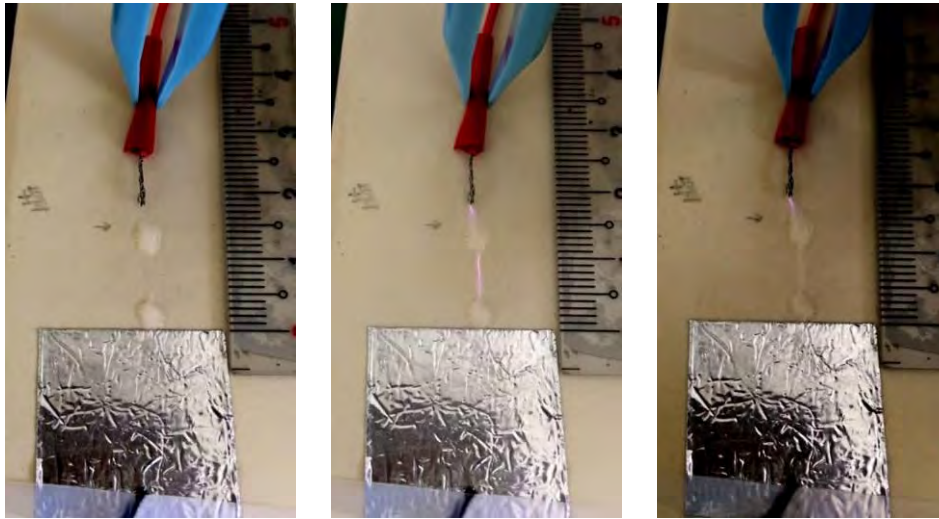
圖 5-5：不同液體水滴連結時的通電次數

發現：鹽水的平均通電次數較自來水來得少，較容易讓水滴連結。

討論：1.剛開始時，我們用 2 滴距離 0.5 公分的水滴做實驗，鹽水水滴與自來水水滴的次數比是 21：26，後來選擇 1 公分來實驗，使得水絲形成的速度較慢，結果鹽水水滴與自來水水滴的次數比是 33：62，說明鹽水較容易產生電荷分離使得閃電導通之外，也可以知道會產生水絲和電的正負電荷相吸有關。



自來水水滴經過連續通電產生閃電並形成水絲相連接，上圖由左到右依序是通電前、通電中、通電後的圖形。



鹽水水滴經過連續通電產生閃電並形成水絲相連接，
上圖由左到右依序是通電前、通電中、通電後的圖形。

2.由前述的實驗中來看，閃電會走我們模擬中鹽水所形成的最有利路徑，如同實驗中鹽水的水滴形成電荷分離時，使得閃電的距離變長，而自來水水滴較不易形成電荷分離，因此實驗中會以鹽水為最有利的路徑，由此我們推論雲內閃電會較雲對地的閃電次數來得多。因為自然界中，由於上升氣流造成水滴間劇烈摩擦等因素使得水滴產生電荷分離，而雲內的水滴密集且當電荷分離後，比較容易形成閃電的有利路徑，而雲對地之間水滴較不密集，即使形成電荷分離仍不容易形成閃電的有利路徑，而從參考書籍中確實也說明雲內的閃電較雲對地的閃電次數來得多，間接驗證了我們的推論。

實驗十二：可以用自製的實驗裝置模擬閃電的形狀嗎？

說明：我們觀察閃電的路徑一般是不一定的，我們想要透過鹽水霧的噴灑來達到模擬閃電的隨機產生情形，並且嘗試模擬枝狀閃電的產生。

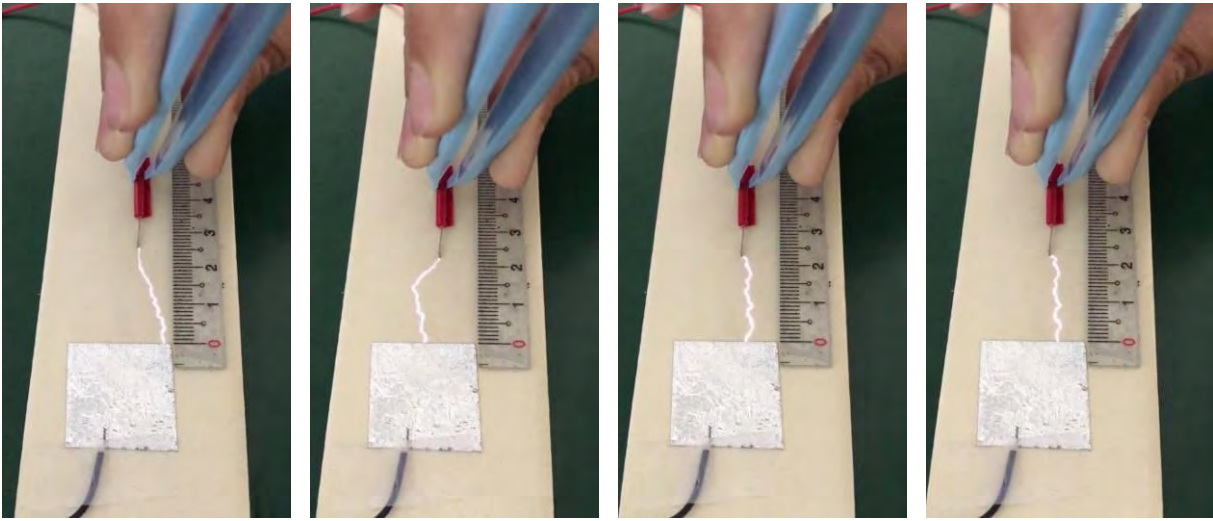
方法：將 3% 的鹽水透過噴霧器灑在磁磚表面。通電使通路發生，在容易以肉眼觀察到的距離下以手機拍攝閃電產生的形狀。

結果：如圖所示。

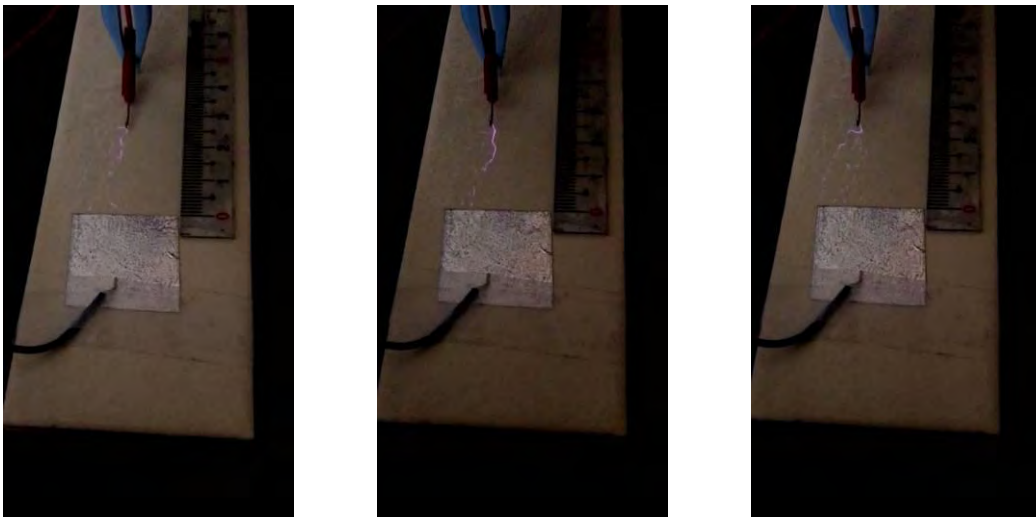
討論：1.閃電在剛開始產生時路徑會有一些改變，從前面我們知道閃電會走最有利的路徑，通電一陣子之後，水滴間會產生水絲相連，之後閃電會以這個路徑產生。在自然界中閃電一閃即逝，我們猜測該次路徑是隨機的以閃電能產生的最有利路徑出現形狀。

2.在實驗中，我們觀察到偶爾會產生 2 個以上的枝狀形閃電，我們推測這也可能與閃電產生路徑有關，如果都是接近最有利的路徑時，則可能會有分岔的枝狀形閃電產

生。



在磁磚表面噴上 3% 鹽水的水霧，通電後剛開始會隨機產生閃電，之後慢慢形成固定路徑



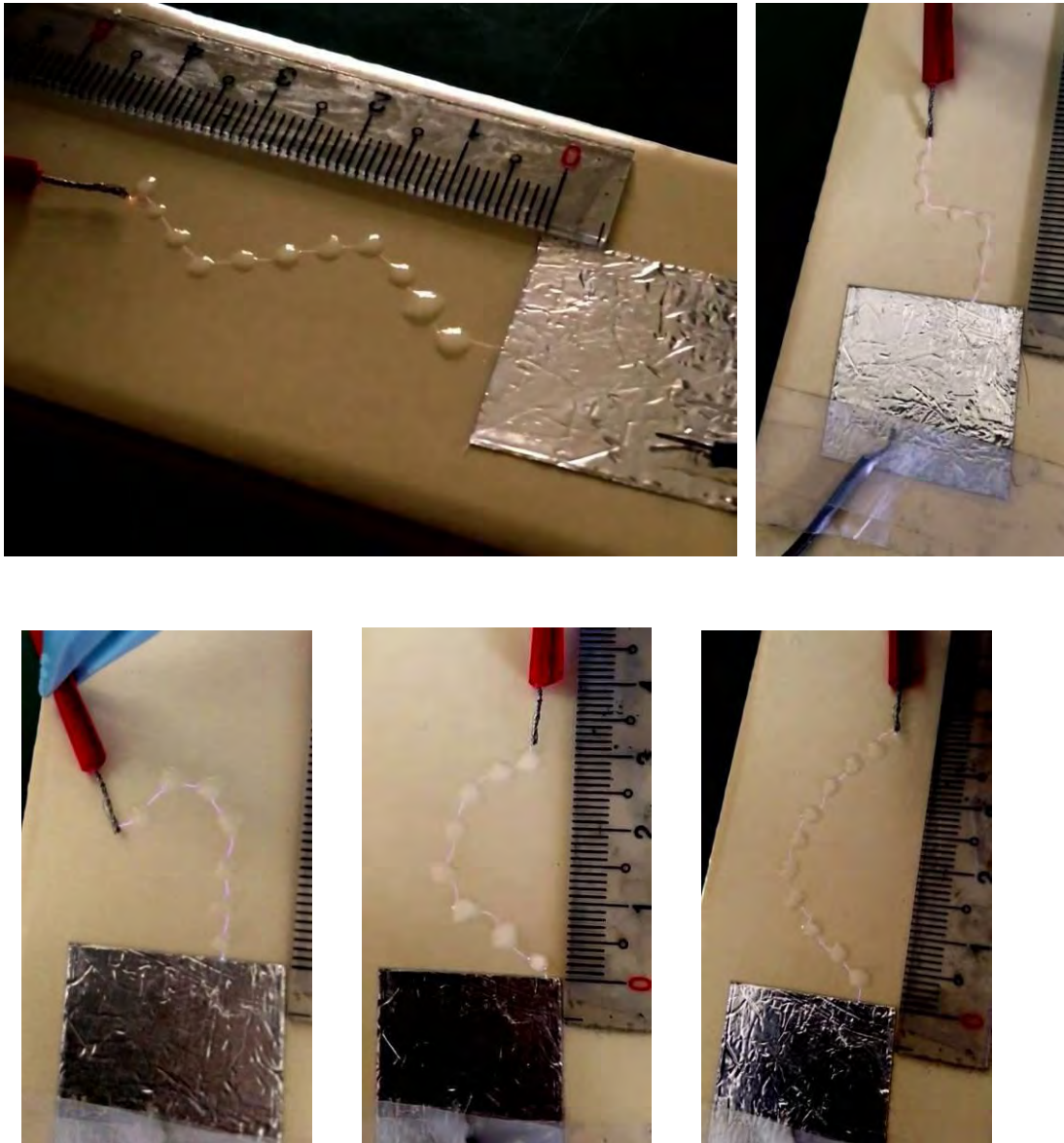
在磁磚表面噴上 3% 鹽水的水霧，通電後剛開始會偶爾產生枝狀閃電，之後慢慢形成固定路徑

實驗十三：透過鹽水可以控制閃電的形狀嗎？

說明：由之前的實驗我們可以知道閃電會隨機產生，而且會以最有利的路徑出現，如果透過鹽水先做好最有利的路徑時，是否能用這個方法控制閃電的形狀？

作法：1.以 3% 鹽水每隔 0.5cm 滴一滴鹽水水滴做成我們想要的形狀。
2.藉由通電，觀察是否能夠產生事先以鹽水水滴排列而成的形狀的閃電。
3.改變不同的形狀並重複以上的步驟。

結果：如圖所示。



討論：生活中我們看到的閃電並非都是我們想像的閃電符號，自然界中當有轉折形狀的閃電產生時，我們推測在路徑中產生了較有利的路徑，而形成我們看到的閃電形狀並非都相同。

六、找出如何避免雷擊的方法。

綜合上述的研究發現，我們大致可以推論出，當雷雨發生時，以下幾個避免雷擊的方法：

- (一)夏天戶外活動時，如果發現午後且雲層開始密佈，就要儘快結束活動，趕緊離開以減少被雷擊的機會。
- (二)避免接近鐵製或金屬的物品，例如：金屬的電線、鐵製物品、金屬製的水管等，因為金屬物品比較容易導電而成為雷擊的對象。
- (三)避免接近潮濕的物體，例如：穿著雨水淋濕的衣物比較容易導電，而汗水浸濕的衣物也要避免，因為和汗水中的鹽分更容易導電，另外靠近較潮濕的地方像湖邊、水邊，也容易增加被雷擊的機會。
- (四)避免接近較凸出的建築物，例如：高塔、較高的樓房、空曠地區的大樹邊，都是容易被雷擊的地方。另外如果在很空曠地區活動時，對於旁邊而言我們反而是更突出的物體，也容易被雷擊，所以要趕快離開。
- (五)避免接近具有尖端的物體或建築物，因為較尖端的物體比較容易被雷擊。例如：建築物上設置避雷針，相對是較尖端的物品，因此可以增加雷擊的機會而使建築物避免被雷擊。另外，架設在屋頂上的天線，反而容易被雷擊，因此雷擊時應避免接近。
- (六)避免從事水上活動，因為不但是潮濕的地方，且相對於水面我們更加突出，也容易成為雷擊的目標。

伍、結論

一、探究容易發生雷擊的時間與天氣因素。

透過實際觀察與台電綜合研究所提供的雷擊資料分析，我們發現：

- (一) 雷擊出現較多的時刻是 14~18 時。
- (二) 雷擊出現較多的月份是 5~9 月。
- (三) 雷擊出現較多的季節是夏季。
- (四) 雷擊發生時，地面的氣溫多介於 25°C 到 33°C 之間，而相對溼度則多是在 60% 以上。

二、探究雷擊與地形的關係。

- (一)雷擊發生的機會，就地形而言：海洋多於沿岸陸地、北部多於南部、山地多於平地。
- (二)台灣夏季雷擊發生原因來自於地形雷雨、鋒面雷雨與對流雷雨。

三、設計可供模擬雷擊的實驗裝置。

經由不斷的測試與改進，最後設計出可供模擬雷擊的實驗裝置步驟如下：

- (一) 使用市售的電子點火槍所拆下的放電元件，包含電路板、高壓線圈、放電的正、負極。
- (二) 在電路板的部分找出電容的位置，使用麵包板並聯上 2 個相同的電容。
- (三) 使用電源供應器，提供 1.5V、3A 的電源。

(四) 將放電的正、負極裝在磁磚的表面。

(五) 架設尺規，將負極線貼在錫箔紙上，並將錫箔邊緣對齊直尺的 0 公分的地方。

(六) 通電後，以塑膠鑷子夾取正極端，靠近負極錫箔邊緣即可見到模擬的閃電。

四、探究容易被雷擊的因素。

經由各因素的實作中，有以下的實驗結果：

(一) 金屬物體比非金屬較容易被雷擊。

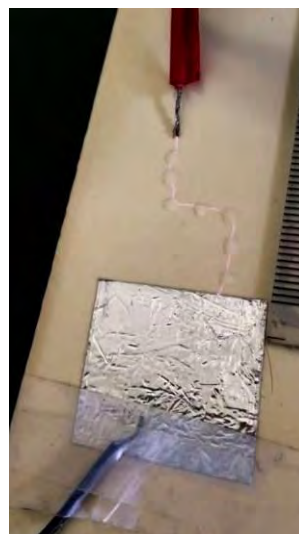
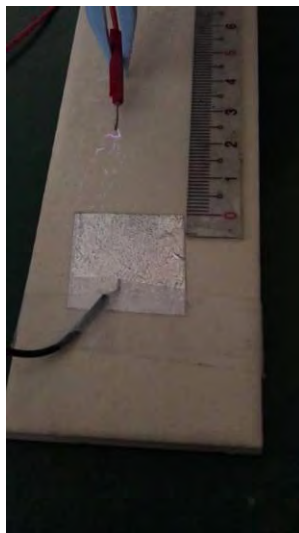
(二) 鐵釘尖端可以通電的距離較鈍端長，因此尖端的物體較容易被雷擊。

(三) 當通電位置在高端及與高、低端的中間上方時，通電路徑始終是由高端通過，因此較高的物體較容易被雷擊。

(四) 沾溼的木棒可以通電的距離較未沾溼的木棒長，可見潮濕的物品較容易被雷擊。

五、模擬閃電發生的形狀。

透過控制鹽水水滴的距離或噴灑水霧的方式，可用來模擬閃電的形狀，結果如下：



六、雷擊時如何避免雷擊的方法。

綜合研究發現，我們大致可以推論出以下幾個避免雷擊的方法：

- (一)夏天戶外活動時，如果發現午後且雲層開始密佈，要儘快結束活動，趕緊離開。
- (二)避免接近鐵製或金屬的物品，例如：金屬的電線、鐵製物品、金屬製的水管等。
- (三)避免穿著潮濕的衣物，例如：穿著雨水淋濕、汗水浸濕的衣物。
- (四)避免接近潮濕的地方，例如：靠近湖邊、水邊。
- (五)避免接近較凸出的建築物，例如：高塔、較高的樓房、空曠地區的大樹邊。
- (六)避免在很空曠地區活動，例如：空曠的草地、空曠的湖面。
- (七)避免接近具有尖端的物體或建築物，例如：靠近屋頂上的天線。
- (八)避免從事水上活動。

陸、參考資料

中央氣象局全球資訊網。<http://www.cwb.gov.tw/>

臺灣科學教育館。全國中小學科學展覽會。<http://www.ntsec.gov.tw/m1.aspx?sNo=0000167>

王敬東、于啟齋（民 89）：現代氣象探祕。凡異出版社。

高源清（民 70）：科學教授-氣象地理篇。故鄉出版社。

戚啟勳（民 69）：雲與天氣。季風出版社。

馮志強譯（民 84）：天氣和人類活動。美迪製作公司。

黃靜雅譯（民 97）：看雲趣。遠流出版社。

蔣德免（民 78）：氣象學編序教本。國立編譯館。

致謝

感謝以下單位提供資料，使本研究得以順利進行。

- 1.中央氣象局。
- 2.台電綜合研究所。

【評語】 080510

1. 本研究主題清楚且聚焦；著重在閃電發生的環境與原理；
2. 本研究利用資料蒐集與簡易實驗器材，整理、歸納後獲得的資料再進行討論，符合科學系統性研究程序；
3. 結果顯示雷擊海多地、北多於南、山多於平地；根據現象分析其為地形、鋒面或對流性雷雨；以實驗結果提出金屬、尖端亦被雷擊；發現溫高、濕度高易發生雷擊；
4. 海報資料有條理並清楚同學們表達口條清晰且從問題的回答中顯示出清楚了解實驗過程與基本科學原理。
5. 另外同學們能清楚表達與過去科展實驗作品的差異性在器材設置與實驗設計的改進方式。

作品海報

摘要

由於新聞的啟發與對大自然的好奇，我們嘗試對閃電做了一些初步的探究。從資料的收集與研讀，並且經過一系列模擬裝置的改進，從而找出較適當的模擬方法，希望從實驗中能對雷擊與閃電形狀的發生有進一步的認識。而由研究中我們有了以下初步的發現：

- 一、雷擊發生的機會，下午比早上容易出現，特別是在夏季的午後。
- 二、雷擊發生的機會，海洋多於沿岸陸地、北部多於南部、山地多於平地。
- 三、台灣夏季雷擊發生原因來自於地形雷雨、鋒面雷雨與對流雷雨。
- 四、金屬製品、或具有尖端等性質的物質是比較容易被雷擊的。
- 五、閃電的形狀，通常是會依循較有利的路徑而形成。
- 六、避免雷擊的方法有：雷擊發生時應避免在高處或水邊活動、避免穿著潮濕衣物等。

壹、研究動機

從新聞中常見雷擊的消息，無論是擊中建築物或是路人，都會造成極大的損失，加上最近天氣的異變，使得雷雨發生似乎很常見，因此我們希望透過這個研究來探討雷擊時相關的因素，並透過實驗裝置的設計來模擬雷擊可能出現的路徑以及閃電的形狀的推敲，最後希望能找出如何避免雷擊的方法。（教材相關單元：六上自然與生活科技，第一單元，天氣的變化）

貳、研究目的

- 一、探究容易發生雷擊的時間與天氣因素。
- 二、探究雷擊與地形的關係。
- 三、設計可供模擬雷擊的實驗裝置。
- 四、探究容易被雷擊的因素。
- 五、模擬閃電發生的形狀。
- 六、找出如何避免雷擊的方法。

參、研究設備與器材

- 一、實驗器材：電蚊拍、點火槍、溫度計、直流電源供應器、鐵棒、銅棒、鋁棒、木棒、鹽、塑膠棒、鐵釘、磁磚、玻璃片、塑膠片、鐵片、木片、顯微鏡、塑膠盒、乾電池、積木、錫箔膠帶
- 二、數據分析來源：台電綜合研究所2015年空對地雷擊偵測資料

肆、研究過程與結果

一、探究容易發生雷擊的時間與天氣狀況。

結果：如表1-1、圖1-1、1-2、1-3、1-4。

- 發現：
1. 雷擊發生的機會，下午比早上容易出現。
 2. 調查的時刻中，以16-18時出現雷擊次數較多。月分中，以7、8、9三月出現雷擊次數較多。而10月到隔年1月幾乎沒有觀測到雷擊發生。
 3. 雷擊發生時，地面的氣溫多介於25°C到33°C之間，而相對溼度則多是在60%以上。
 4. 由104年台電資料分析，雷擊出現較多的時刻及月分分別是落在14~18時以及6-9月之間。

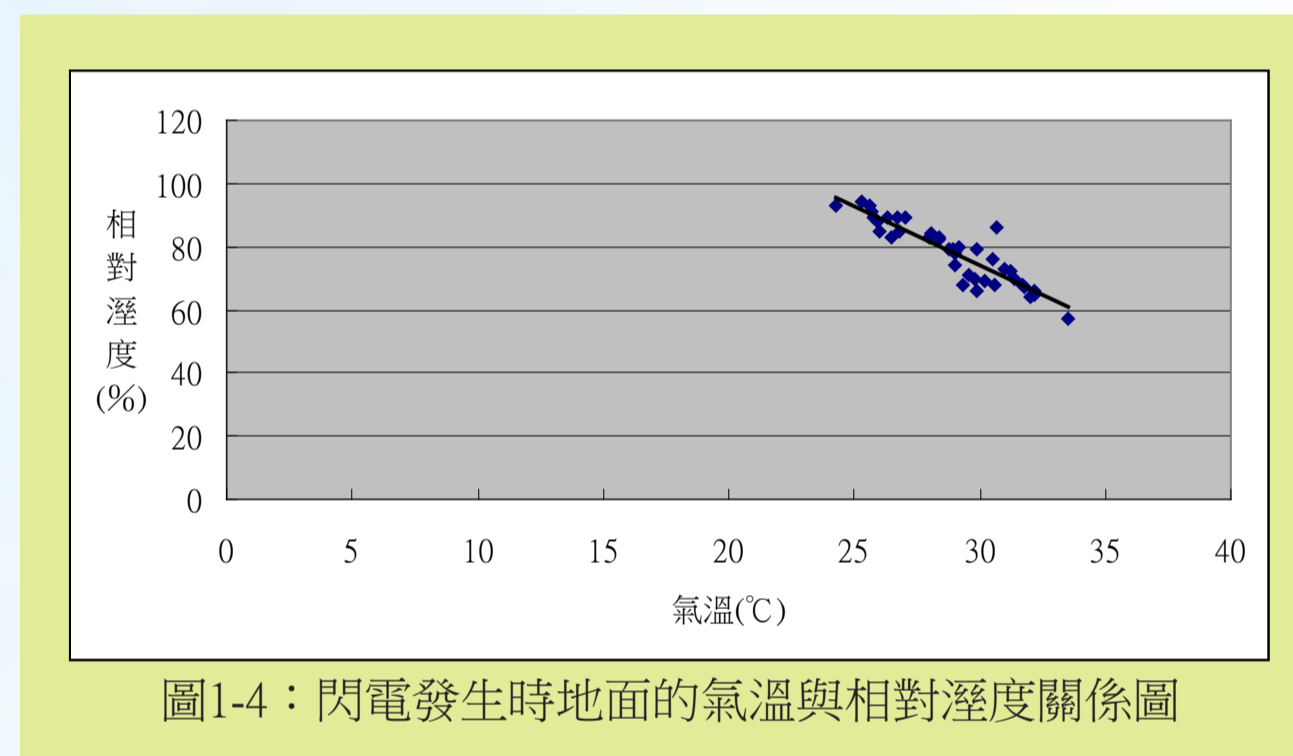
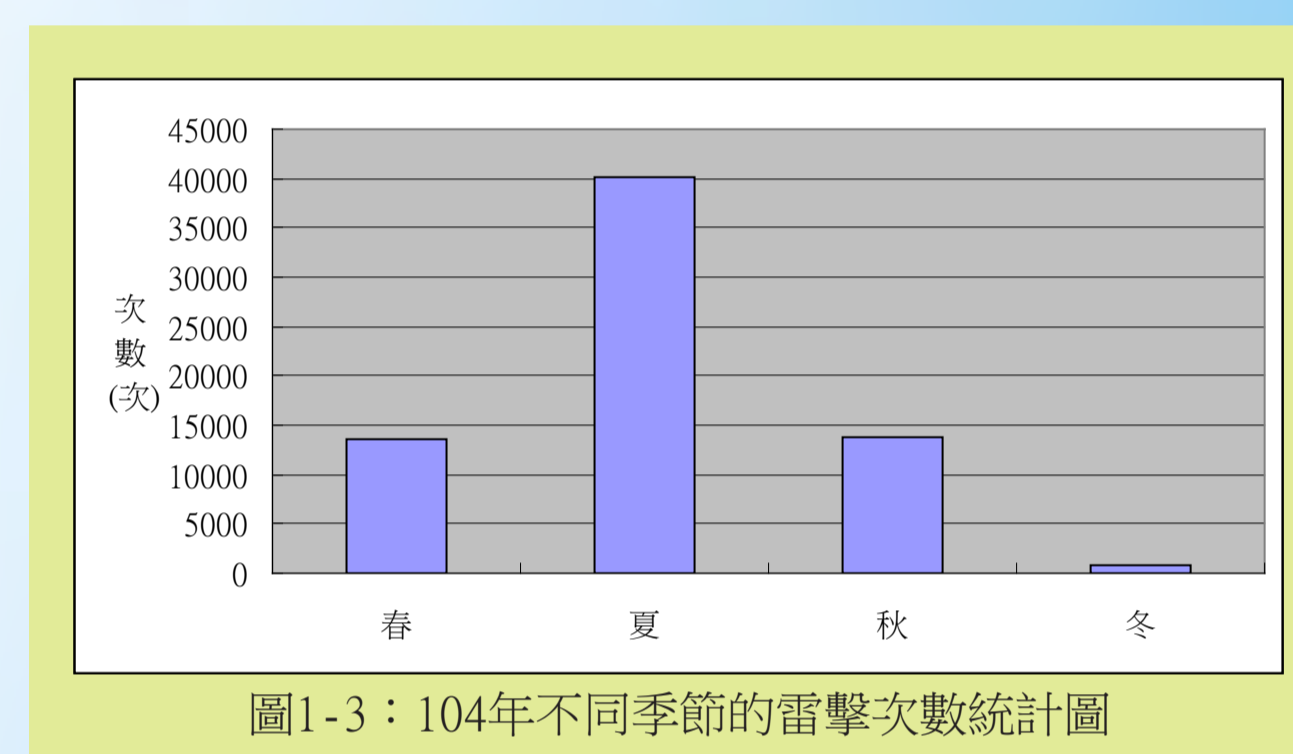
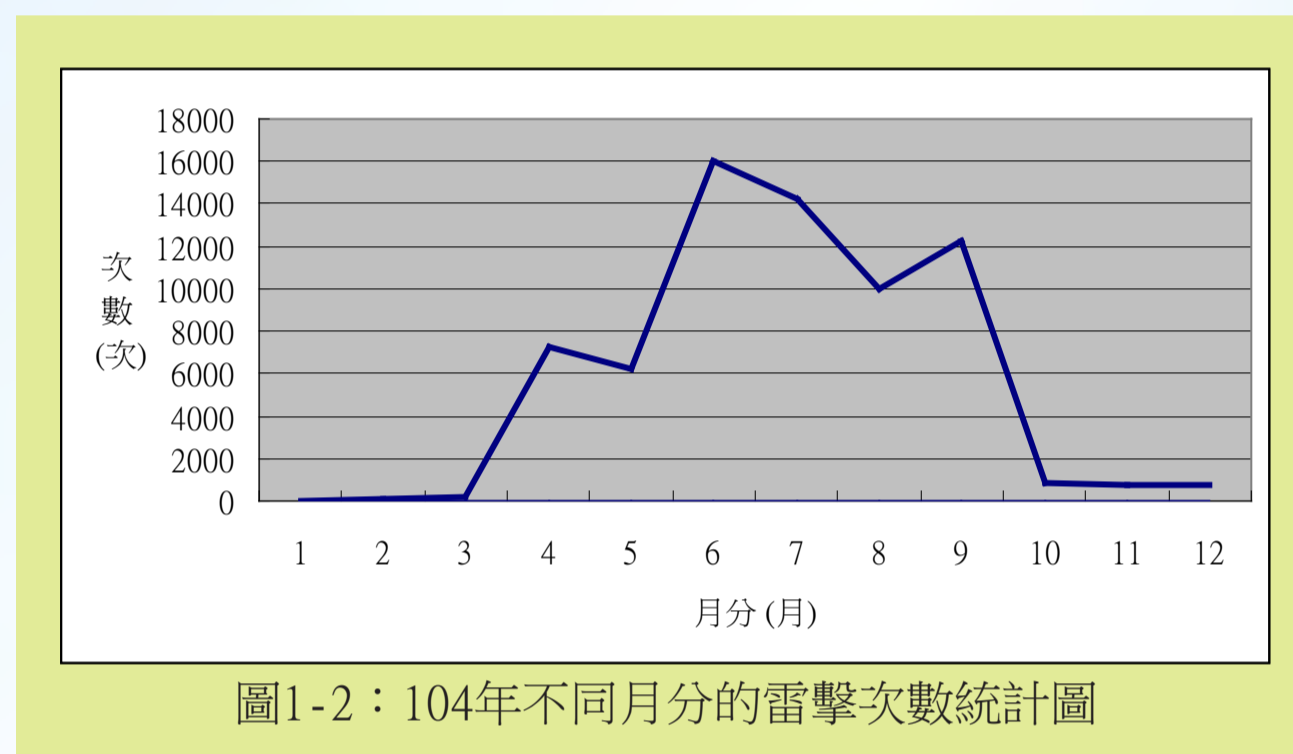
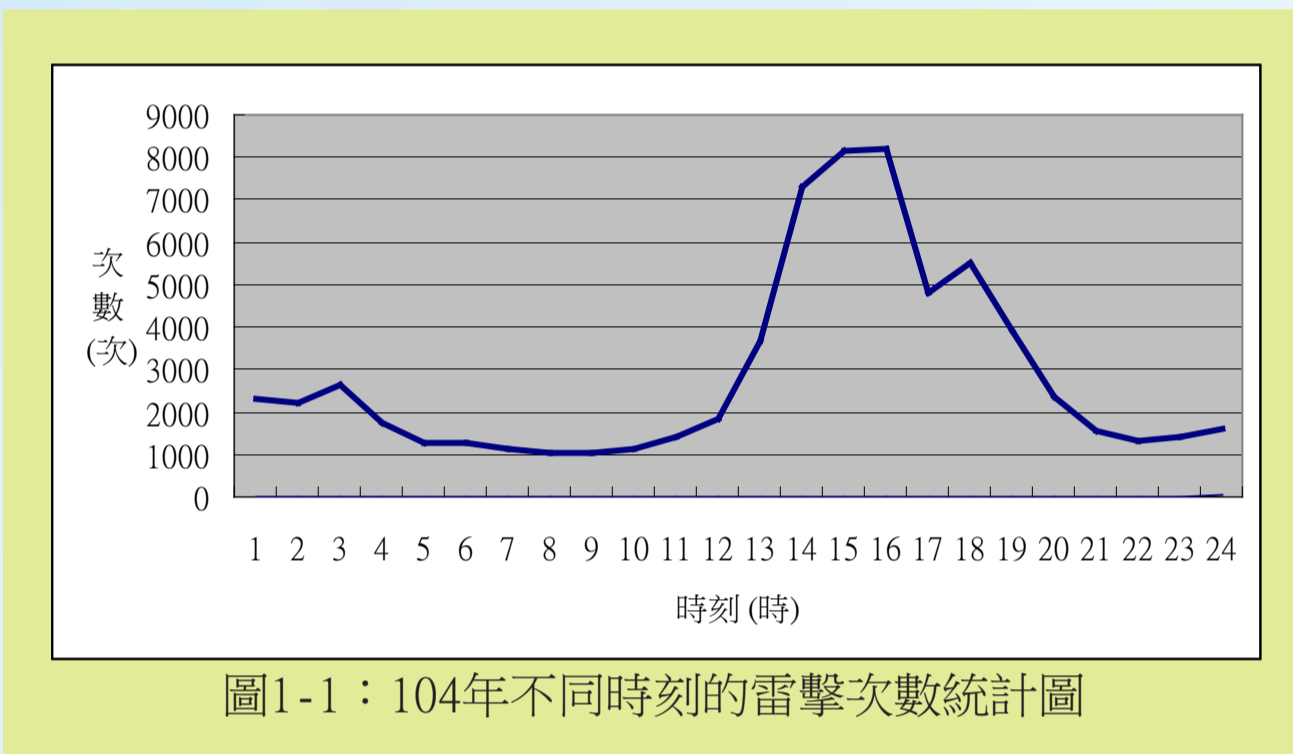
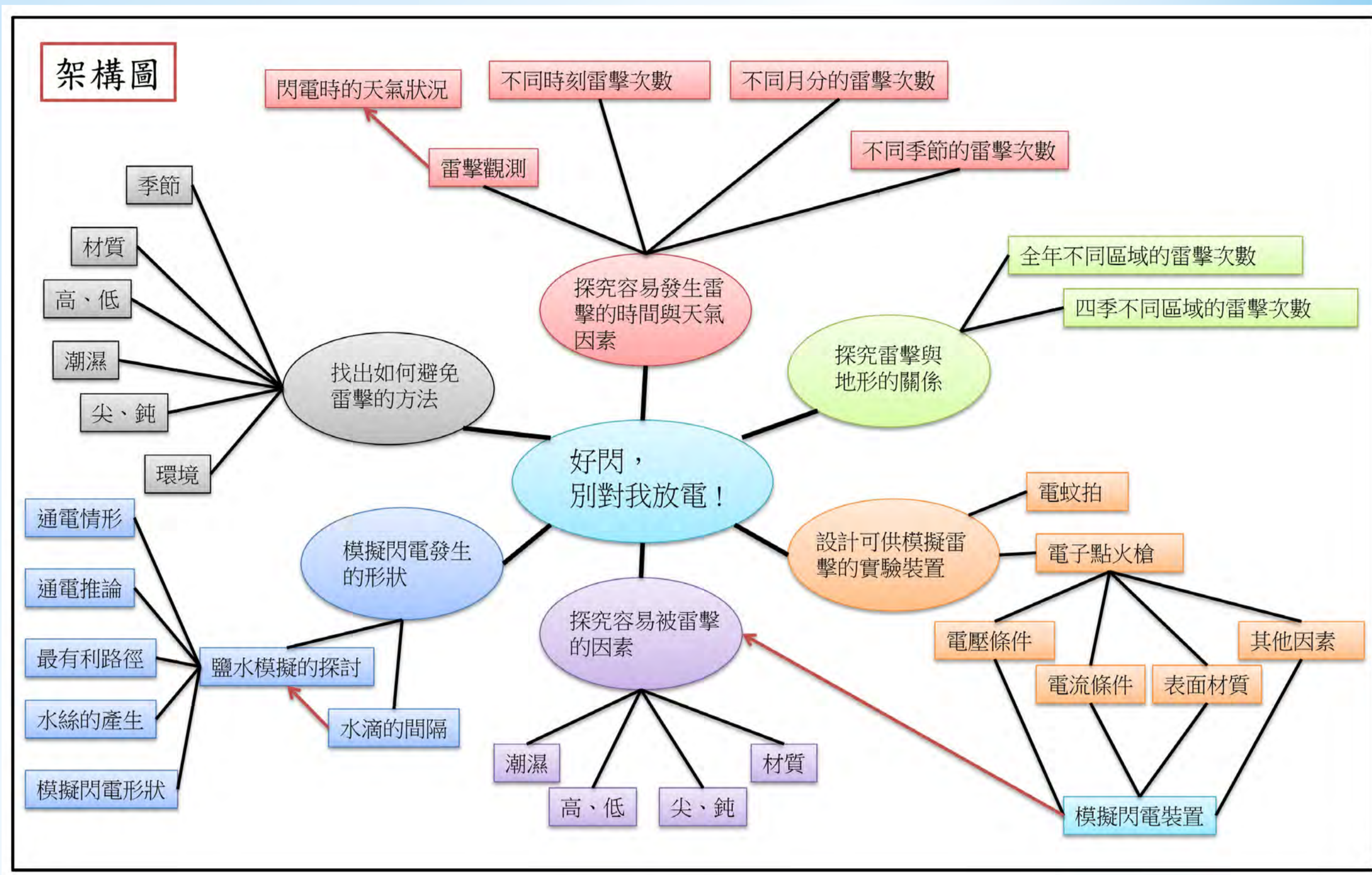
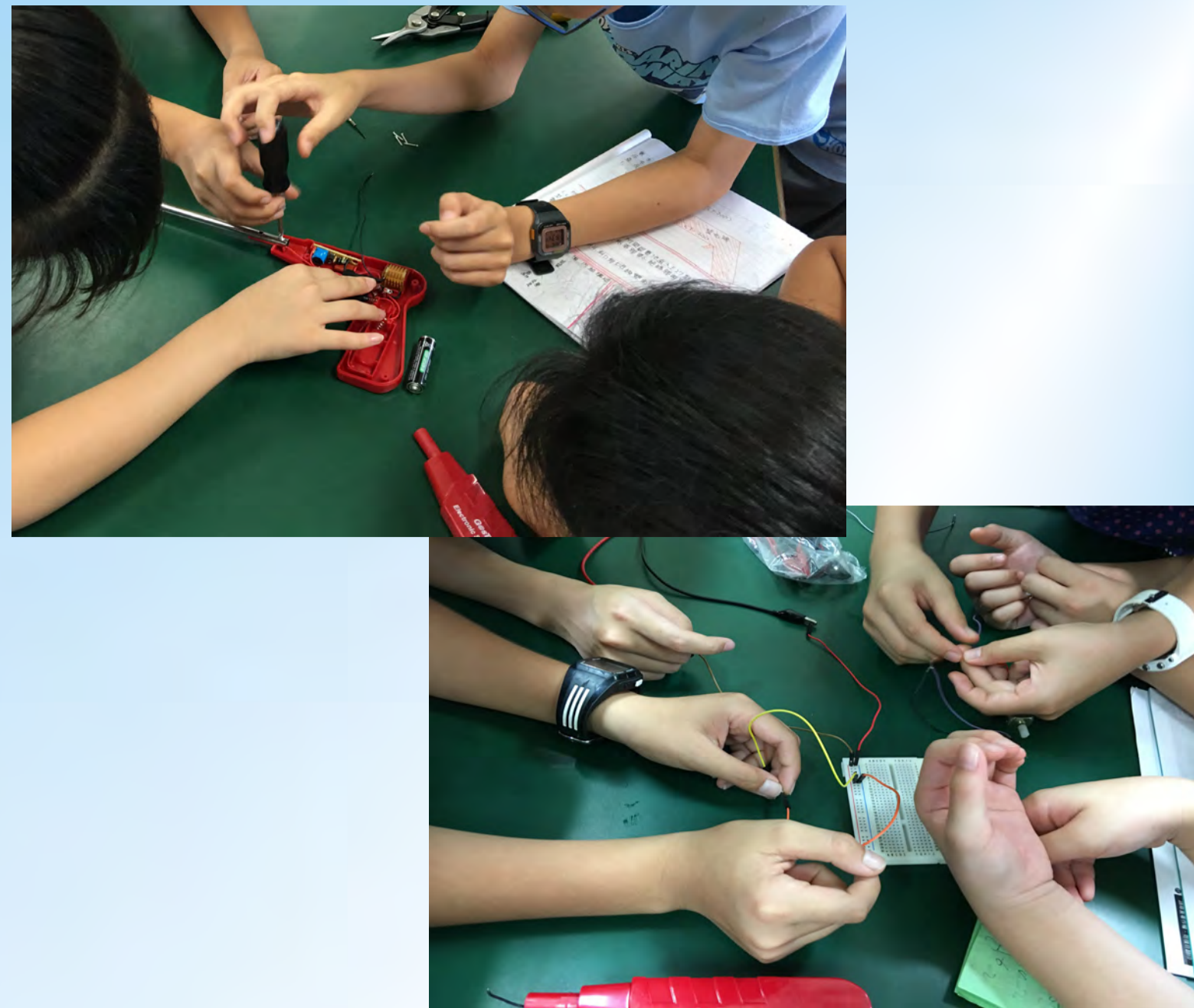


表1-1: 雷擊的觀測紀錄

月分	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
7月	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1	2	0	0	0	0
8月	0	1	0	0	2	0	1	1	2	2	3	3	0	1	0	0	0
9月	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	3	3	3	2	0	0	0
10月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
3月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

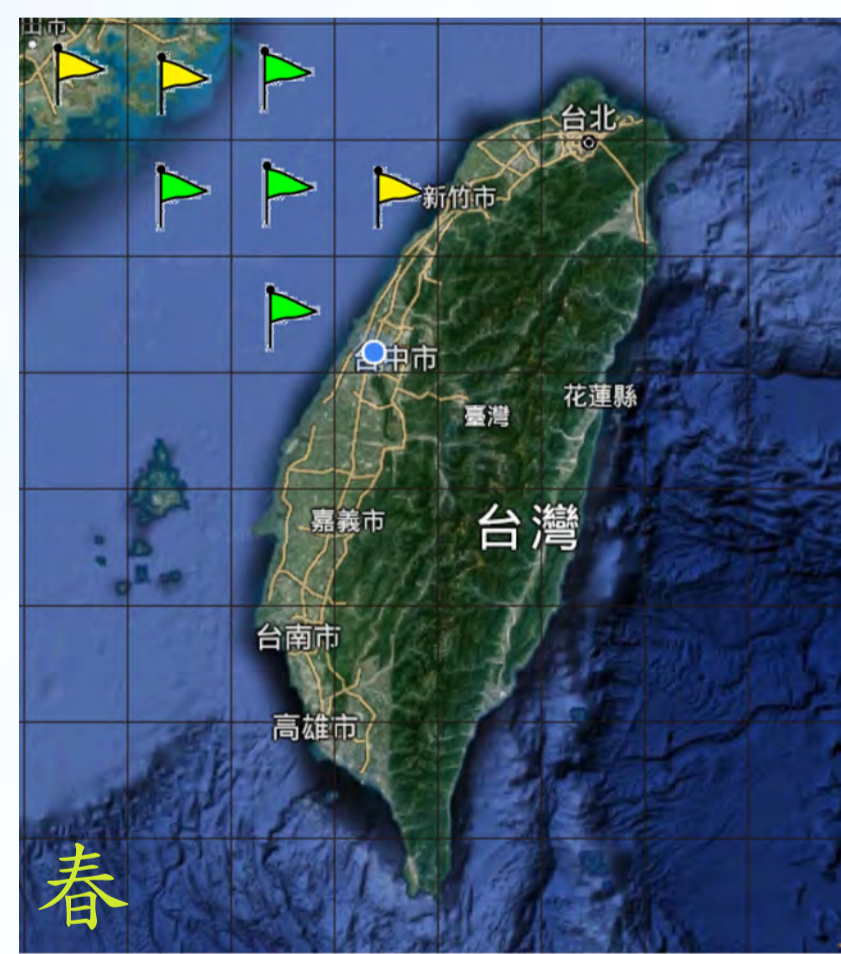


二、探究雷擊與地形的關係。

方法：依台電研究所104年一整年的空對地雷擊觀測資料，以台灣為中心，將其區分成8*8個區域，然後就每個區域中所發生的雷擊次數加以總計，最後依每個區域次數的不同分別予以不同的顏色旗幟加以分析。

結果：如圖2-1、四季雷擊次數分布圖。

- 發現：
1. 雷擊發生的機會，海洋多於沿岸陸地、北部多於南部、山地多於平地。
 2. 雷擊次數較多的區域仍以夏季所占的最多，而且海洋陸地均有分佈。
 3. 其次是春、秋季，但多呈現在海洋的區域上。
 4. 由圖形我們可以歸納出台灣夏季產生雷擊的原因包含地形雷雨、鋒面雷雨與對流雷雨。



三、設計可供模擬雷擊的實驗裝置。

說明：找出生活中可產生電火花的裝置，當成是可以放電產生火花的電子裝置，再透過不斷的設計與實作，將其改造成在實驗室裡可以模擬閃電的高壓電裝置。

第一代：

方法：我們挑選市售能產生電子火花跳動的電蚊拍做放電的裝置，拆下裡面的放電元件，接上電池後做放電的測試，量測可以產生最大有效的通電距離。

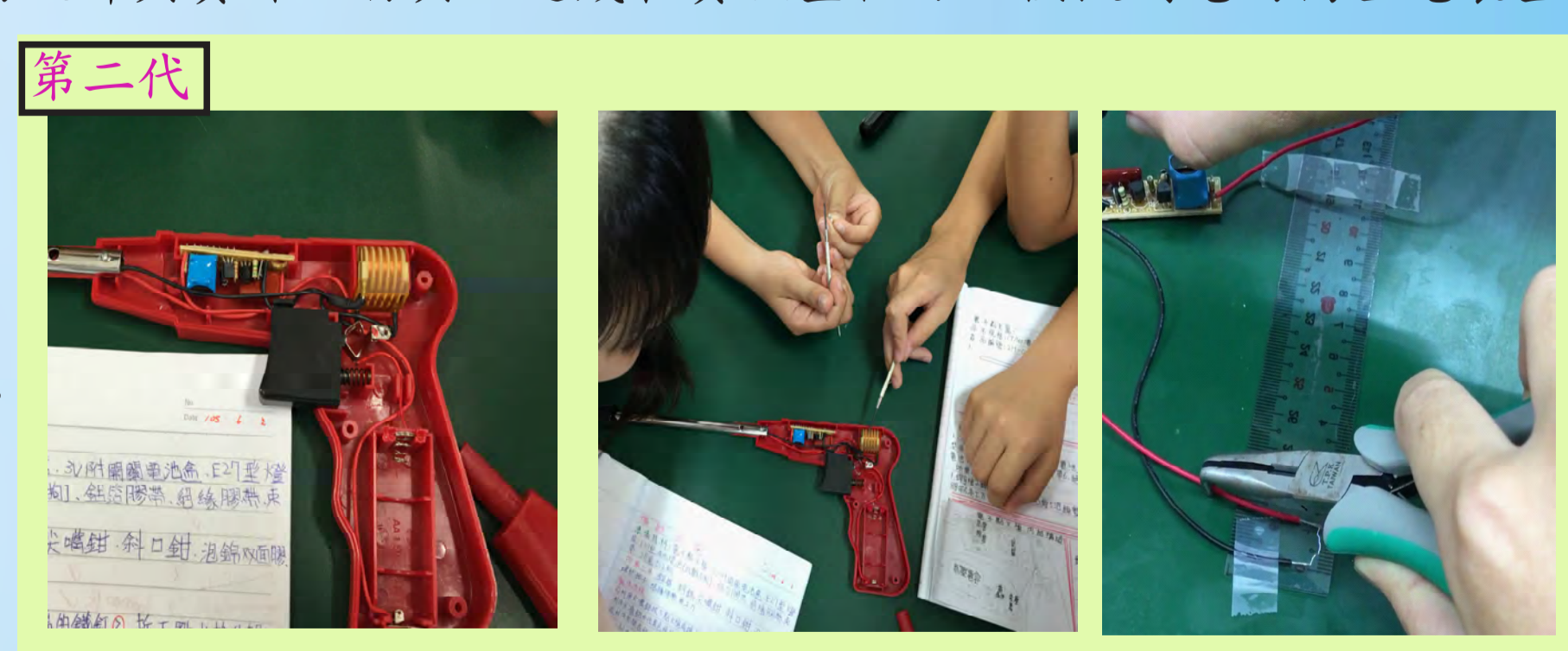


發現：產生電子火花的距離為0，不符合需求。

第二代：

說明：我們將電子點火槍拆開後，將裡面的元件拆下來，再接上1.5V的電池。

發現：在一定距離下已經能夠產生電子火花，但是每一次實驗



時每個電池的電壓和電流都不相同，所以我們將電池的部分改為電源供應器。嘗試改變一些因素，希望達到較好的模擬閃電的效果。可產生有距離的電子火花，以此為基礎針對電壓與電流再做進一步改進。

實驗一：提供的電壓大小會影響電子火花的距離嗎？

結果：如圖3-1。

發現：提供的電壓大小不會影響實驗的結果。

實驗二：提供的電流大小會影響電子火花的距離嗎？

結果：如圖3-2。

發現：提供的電流大小會影響實驗的結果，電流越大通電距離也越大。

討論：電子點火槍的元件，我們發現電壓增加時，每分鐘電擊的次數會增加，但是相對的元件一下子就會損壞，當電壓超過6V以上時，則會直接燒毀我們的裝置。因此，往後的實驗都是將電壓設定在1.5V、電流在3A的基準上。

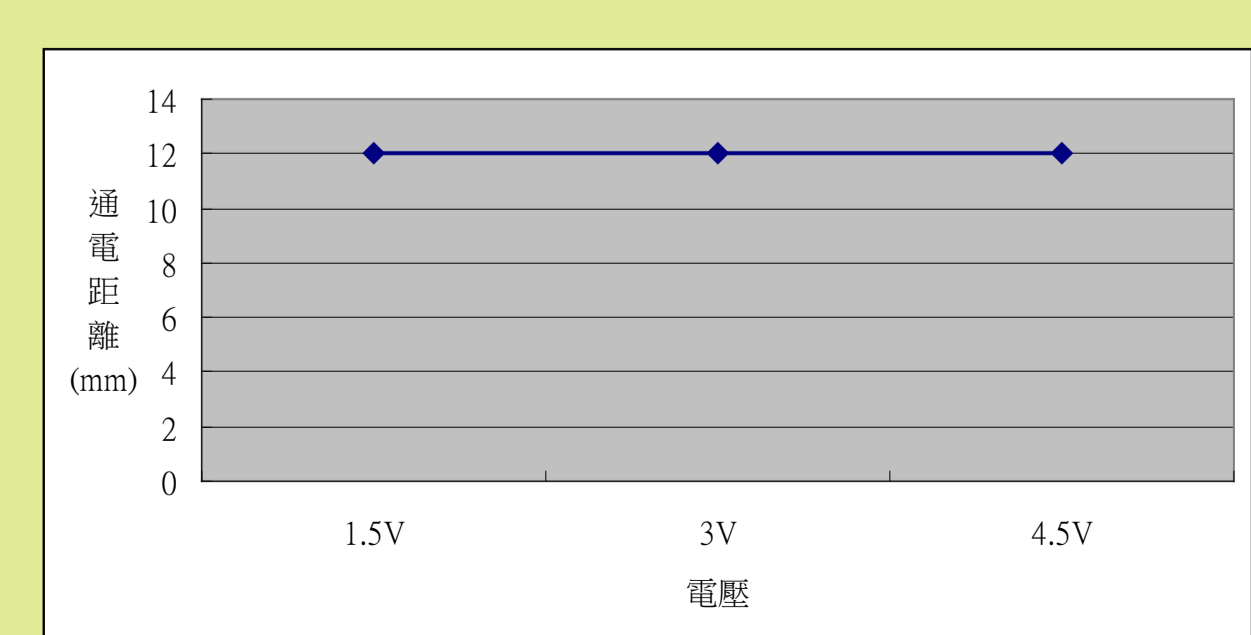


圖2-1: 不同電壓對通電距離的影響

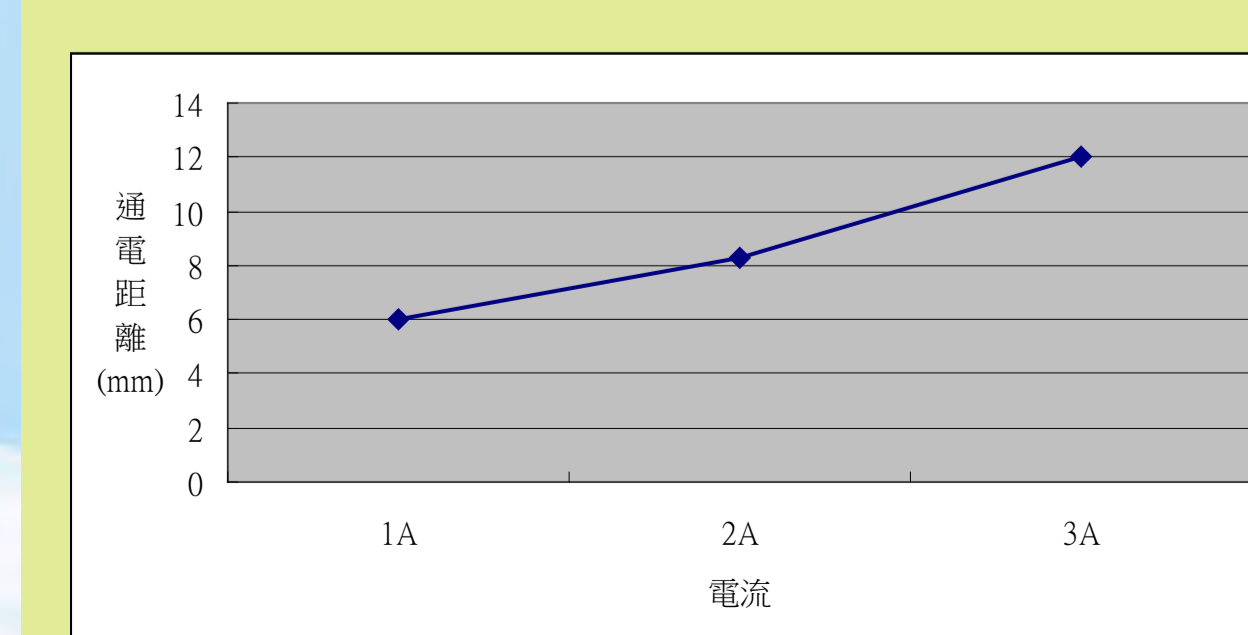


圖2-2: 不同電流對通電距離的影響

第三代：

方法：將電子點火槍的元件安裝在顯微鏡的支架上，透過粗調節輪的轉動，可以穩定的改變距離以符合測量時的需要。另外，將電子點火槍的元件拆下，將顯微鏡的接目鏡與接物鏡拆下，把電子點火槍元件透過孔洞穿入，之後由接物鏡的孔洞穿出，把元件產生高壓電的尖端固定到接物鏡上。測量部分，將調節輪轉到最低，透過尺規先測量出放電的尖端與安裝有負極線的載物平台的起始最低距離。在粗調節輪的鏡筒旁邊，將尺規以相對應的高度貼上，讓鏡筒旁可以讀出放電尖端到平台的距離。其他元件為了避免放電的現象，兩條電線要盡量遠離，以避免不必要的放電，然後完成最後的改裝

討論：對於這個設計，我們充滿了信心，但實驗時，剛開始的通電距離卻較由電子點火槍拆下來時的長度還短。對於通電距離變短這事，我們覺得很驚訝，但是在做了幾次實驗後，在一次實驗中，發現在高電壓時，電線竟也會對顯微鏡放電，而使得放電的距離變短，我們懷疑該因素極有可能就是對實驗影響的原因。因此，我們決定將元件安裝在不是導體的材料上，並改進實驗的器材以達到較佳的實驗結果。

第四代：

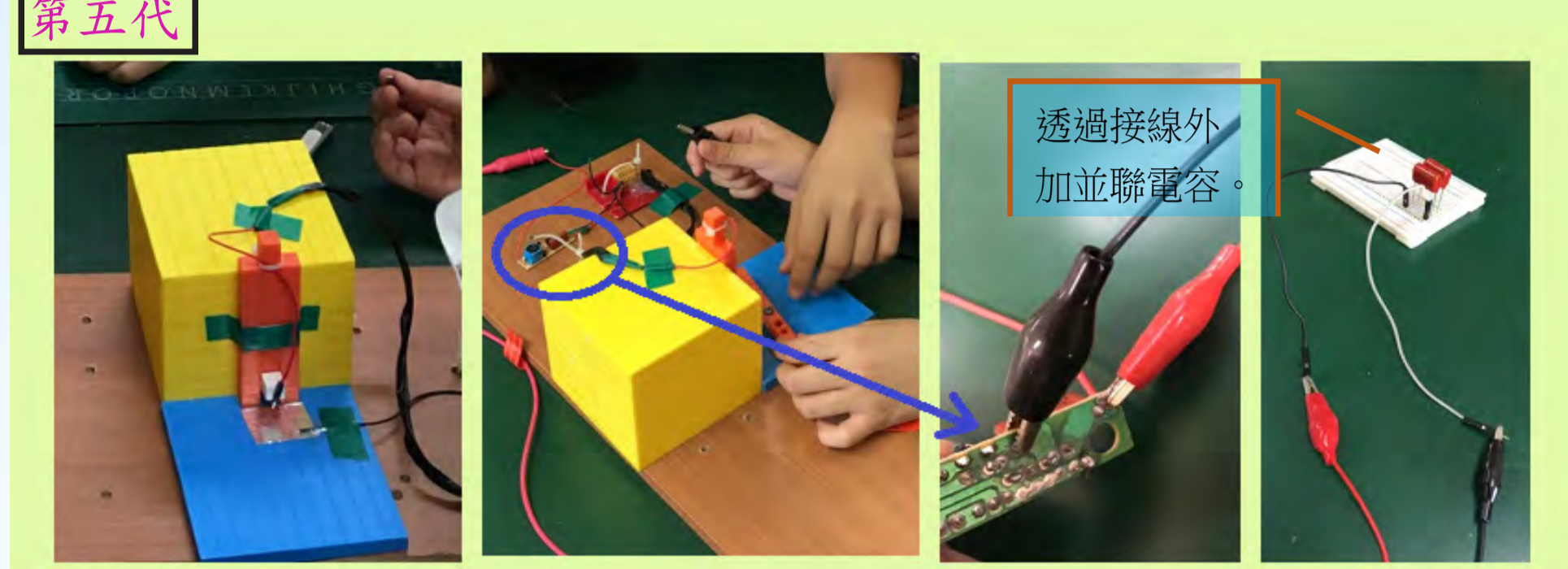
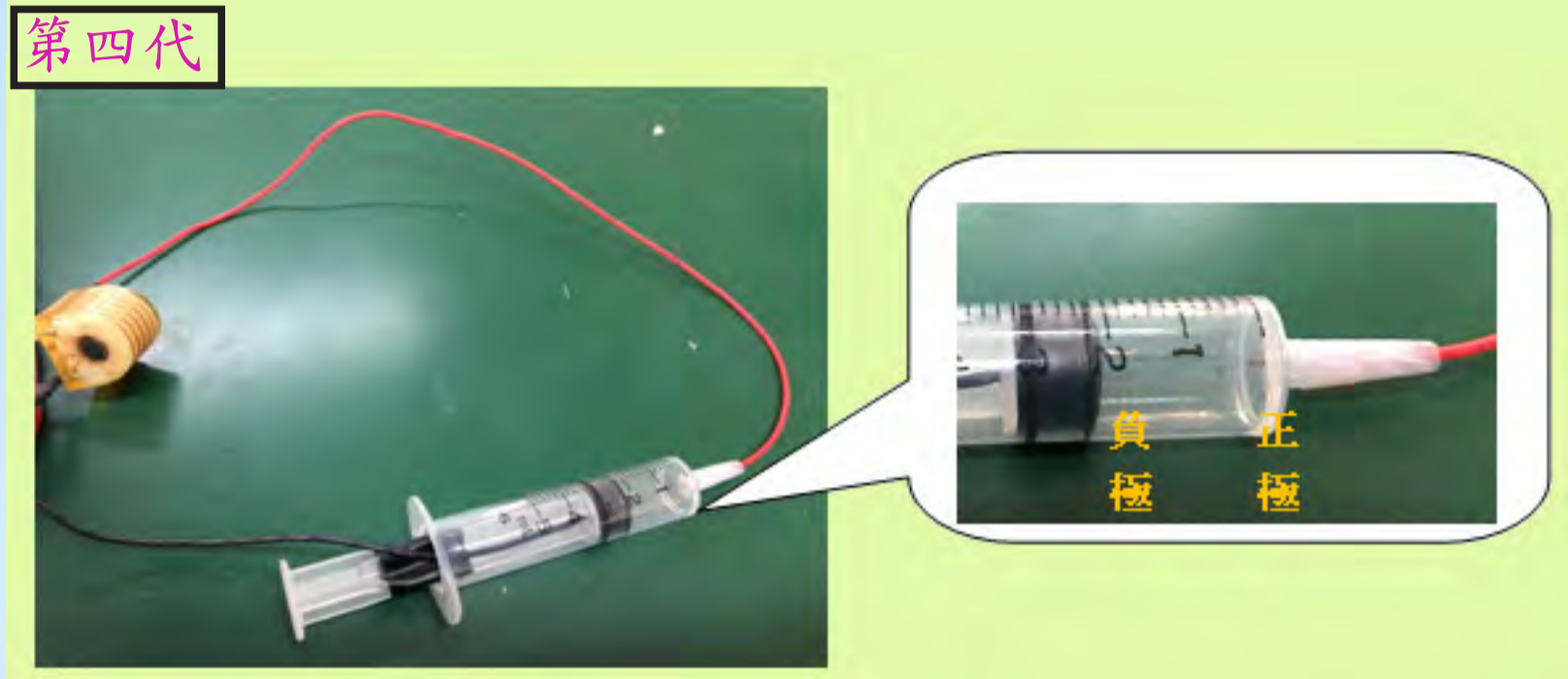
作法：將放電的正、負極裝置置入針筒中，使得實驗時在不被外界干擾的因素中進行。

討論：放電的情形較穩定，但是因為在針筒中，所以操作上並不方便，為了讓實驗的材料容易放置，且容易操作改變的因素並且能夠更準確的測量放電的距離，因此我們想把放電的正、負極架在容易測量且不是導體的架子上。

第五代：

作法：透過立方體的積木教具，我們連成簡易的架子並進行測試。

討論：1. 為了讓儀器更容易操作組裝，並且不影響實驗，我們以塑膠製的立體積木進行組裝。
2. 實驗的材料容易在自製的儀器上操作，但是放電的距離卻是一直不穩定，而最大的距離也從12mm變成只有8-10mm。對於在實驗桌上通電的距離能達到12mm，但是只要一接上我們的架子上，就變得只能在8-10mm，我們在想是否能夠加大電壓來產生較好的放電距離，經過我們討論發現元件包含2個部分，前面的電子電路是做電壓升壓的功用，後方的線圈是將升壓後的電壓再做一次升壓，雖然對電路不熟，但是我們查資料後發現，最後要輸入線圈的電容，似乎能夠改變輸入線圈的電壓，經過我們並聯了2個電容，發現在桌上的通電距離能夠非常穩的每次都達到14mm，我們猜想能夠增加通電距離，裝到架子上至少應該也能達到12mm。可是實際操作的結果卻發現通電距離仍然維持在8mm，根本沒有增加。對於放電距離一直不太穩定，我們之前的經驗是導線接近導體產生了些許的放電現象，因此，減低了放電的距離。所以我們在懷疑是否電線也對塑膠積木的架子有放電的現象？在一、兩次實驗調整中，我們意外發現，電線真的也對積木放電，所以減少了放電的距離，原來我們所認知的電的不良導體在高壓電前也有可能導電。因此，我們猜想是否電線經過的表面材質也會影響通電的距離？因此，我們以此為依據再進行了裝置的改進。



第六代：

作法：將電子點火槍拆下之零件組裝在麵包板上，並且並聯兩個電容後，再重新測試。

討論：1. 因為之前實驗過程中，常因某個零件損壞而必須重新從一個新的電子點火槍再取下零件，致使過程不但繁瑣而且也會浪費其他的電子元件，因此將電容組裝在麵包板上，所以零件壞掉時，比較容易替換。
2. 在前面的實驗裝置中，我們發現即便是組裝在塑膠的積木上仍然對積木放電，致使放電的距離變短，但是在實驗桌上測試時卻又不會影響，所以我們除了再改為平面上測試外並討論在何種材質上較容易實驗，依據實驗結果來完成裝置。
3. 最後完整裝置過程如下：

- (1) 使用市售的電子點火槍所拆下的放電元件，含電路板、高壓線圈、正、負極。
- (2) 在電路板的板面找出電容的位置，使用麵包板並聯上2個相同的電容。
- (3) 使用電源供應器，提供1.5V、3A的電源。
- (4) 將放電的正、負極裝在磁磚的表面。
- (5) 架設尺規，將負極線貼在錫箔紙上。並將錫箔邊緣對齊直尺的0公分的地方。
- (6) 通電後，以塑膠鑷子夾取正極端，靠近負極錫箔邊緣即可見到模擬的閃電。

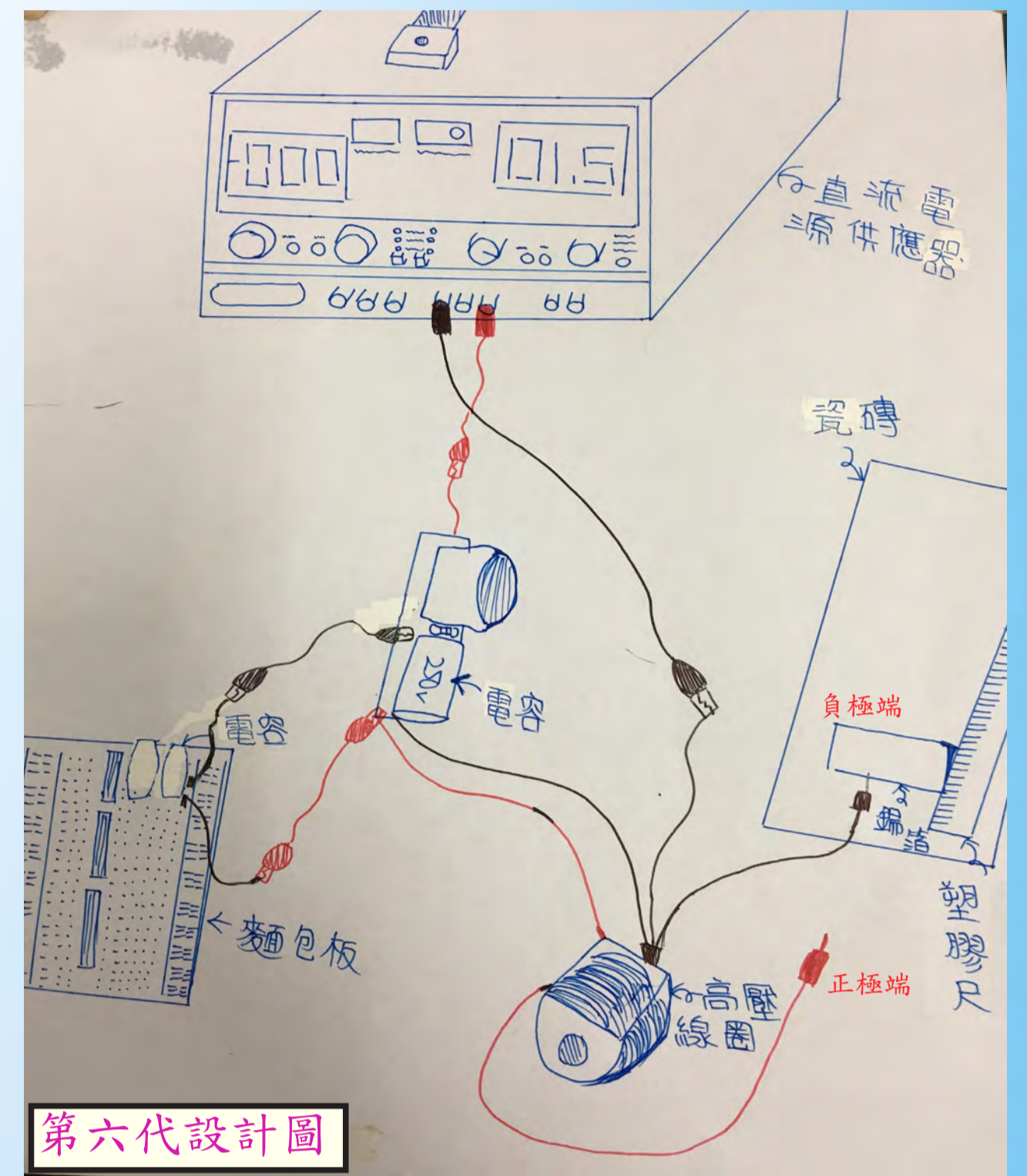
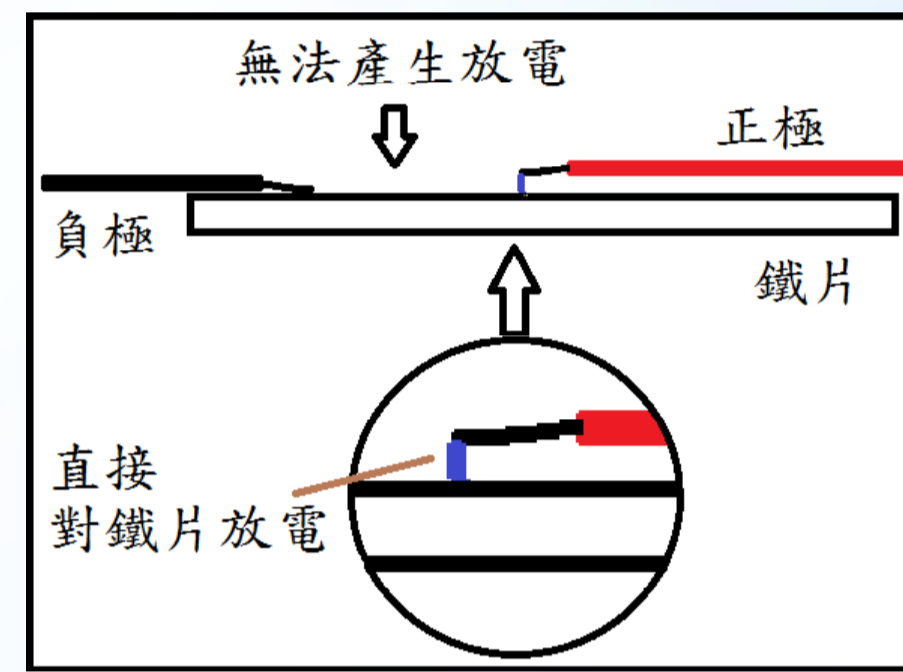
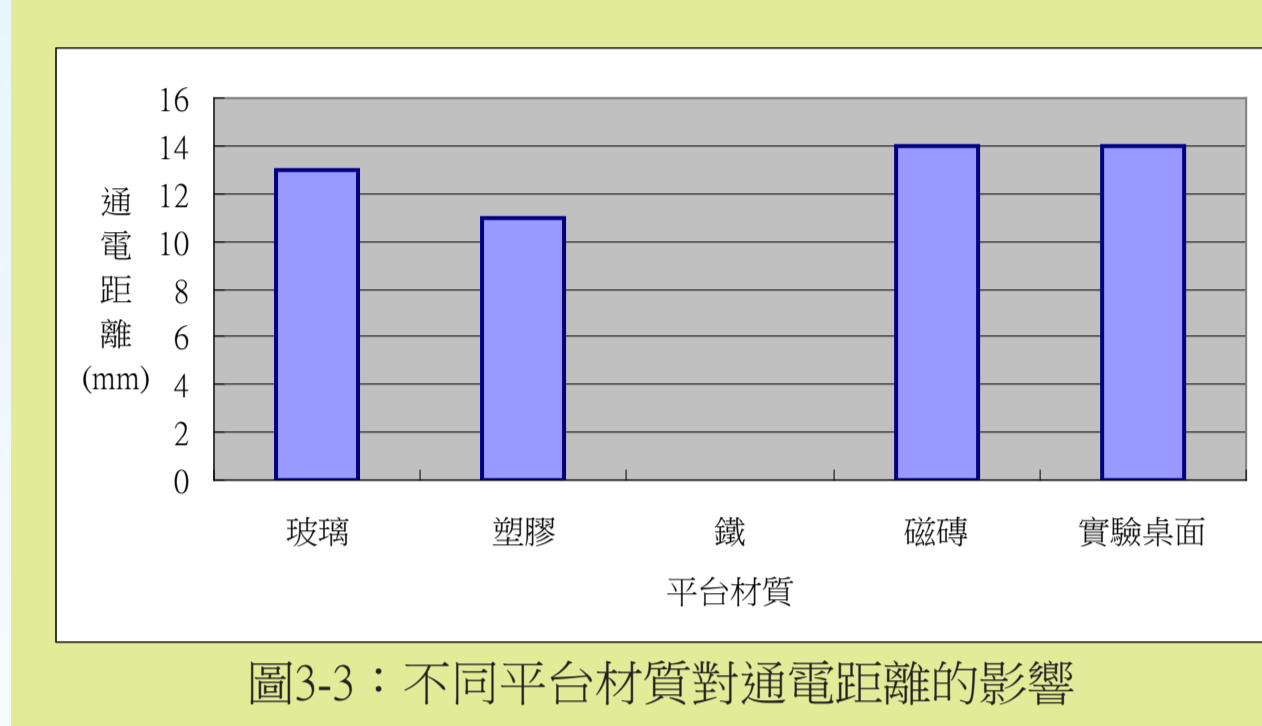
實驗三：不同的平台材質會影響通電的距離嗎？

方法：將電線放電的正、負極放不同的表面材質，表面材質依序更改為玻璃、塑膠、鐵、磁磚及自然教室的實驗桌面，分別記錄可以通電的距離，然後重複三次加以平均。

結果：如圖3-3。

發現：不同的表面材質可以通電的距離不盡相同。金屬的鐵片通電距離為0，非金屬材質部分玻璃、磁磚及實驗桌面可以通電的距離相近，而塑膠片則需較短的距離才可通電。

討論：1. 實驗中我們觀察到，正極會直接打在接觸到負極鐵片的任何一個位置，而使正極與負極之間無法形成放電的現象，所以我們將實驗結果記為0。
2. 我們發現在實驗桌上和磁磚的表面上，通電距離都能穩穩的達到14mm。為了在實驗中操作變因時放置實驗物品較方便，因此我們選擇使用磁磚表面，並且為了讓實驗物體接在負極時較方便，在不影響放電距離下我們將負極貼在一片錫箔膠帶上，錫箔膠帶的邊緣與正極的放電距離依然穩穩的在14mm，且加上用尺規用三角板良好位置並固定好，而完成了最後模擬閃電的裝置，實驗時，只要將要測量的物品放在錫箔膠帶上，就能輕易的量測出實驗數據了。



四、探究容易被雷擊的因素。

實驗四：什麼性質的物質較容易被雷擊？

方法：如上述，但在導電膠帶上分別接上銅棒、鋁棒、木棒、塑膠棒、鐵棒，量測通電距離。

結果：如圖4-1。

發現：鐵棒可以通電的距離較長，而銅棒、鋁棒效果差不多，木棒、塑膠棒則完全無法通電。

想法：我們使用避雷針的形狀都是尖尖的，是否物體的形狀也是影響被雷擊中的因素之一？

實驗五：物質的尖端和鈍端何者較容易被雷擊？

方法一：方法如上，但在導電膠帶上分別聯結鐵釘尖端及鈍端，然後量測通電距離。

方法二：方法如上，但在導電膠帶上同時聯結鐵釘尖端及鈍端，且兩者相距1公分，分別在尖端上方、兩者中間及鈍端上方予以通電，並記錄在20次的通電中的通電路徑。

結果：如圖4-2、表4-1。

發現：1. 鐵釘尖端可以通電的距離較鈍端長。

2. 通電位置在鐵釘尖端上方時，通電路徑始終是由尖端通過。

3. 通電位置在鐵釘鈍端上方時，通電路徑始終是由鈍端通過。

4. 通電位置在兩者中間上方時，通電路徑多數是由尖端通過。

想法：新聞上常報導，閃電發生時避免到空曠的地方或者到山上，因此想要透過實驗來探討同樣的空曠區域下，較高的物質是否比較容易被雷擊中。

實驗六：高的物質較容易受到雷擊嗎？

方法：在導電膠帶上同時聯結長鐵釘(高端)及短鐵釘(低端)，且兩者相距1公分，分別在高端上方、兩者中間及低端上方予以通電，並記錄在20次的通電中的通電路徑。

結果：如表4-2。

發現：1. 當通電位置在高端及中間上方時，通電路徑始終是由高端通過。

2. 當通電位置在低端上方時，多數通電路徑是由低端通過，但仍有從高端通過的情形。

實驗七：物質的乾溼何者較容易被雷擊？

方法：1. 方法如上，但在導電膠帶上接上鐵棒，記錄可以通電的距離。重複三次後，依序將鐵棒泡自來水、1%鹽水、2%鹽水及3%鹽水後，然後記錄可以通電的距離。

結果：如圖4-3、4-4。

發現：1. 鹽水濃度較高，可以通電的距離較長。

2. 鐵釘未泡水比泡自來水可以通電的距離長。

3. 沾溼的木棒可以通電的距離較未沾溼的木棒長。

討論：在鐵棒的實驗中，發現沒有泡水的鐵棒較容易通電，與我們印象中不太相同，我們猜測鐵棒本身就是電的良導體，對於表面增加的水(或鹽水)相對下不是電的良導體，比較像電線一樣外面多一層不是電的良導體反而不容易通電。後來我們思考，一般所說如果人淋濕的情況下比較容易導電，但是人並非電的良導體，因此我們選擇使用木棒(非導體)再實驗一次，發現對於非導體而言沾溼容易增加導電的機率。

五、模擬閃電發生的形狀。

想法：閃電的發生是因為雲間的對流產生的正、負電荷分離，使得水滴帶有正、負電荷，當電壓達到夠大時，所產生的中和反應，所以我們嘗試用水滴，加上正負電的電壓差來探討閃電發生時的形狀，並希望找出閃電產生時是否有跡可循，並進而模擬閃電發生的形狀。

實驗九：探究水滴間的距離對通電距離的影響

方法：1. 每隔1公分將自來水滴在實驗平台上，觀察可以通電的最大水滴數。此實驗共三次，然後加以平均。並將其換算成平均可通電距離。

2. 同上，但將水滴間距離縮為0.5公分。

說明：平均可通電距離=水滴間距離*平均可通電滴數

結果：如圖5-1、5-2。

實驗十：自來水水滴和鹽水水滴會影響通電距離嗎？

說明：由前面導電的實驗中，3%的鹽水是較容易導電的水溶液，因此水溶液方面，我們選擇用3%的鹽水作成鹽水水滴使用。

方法：每隔0.5公分將3%鹽水水滴在實驗平台上，觀察可以通電時的最大滴數。此實驗共三次，然後平均，並和自來水水滴比較。

結果：如圖5-3、5-4。

發現：同樣的間距下，鹽水可通電的滴數較水滴多，換言之，通電距離較自來水水滴長。

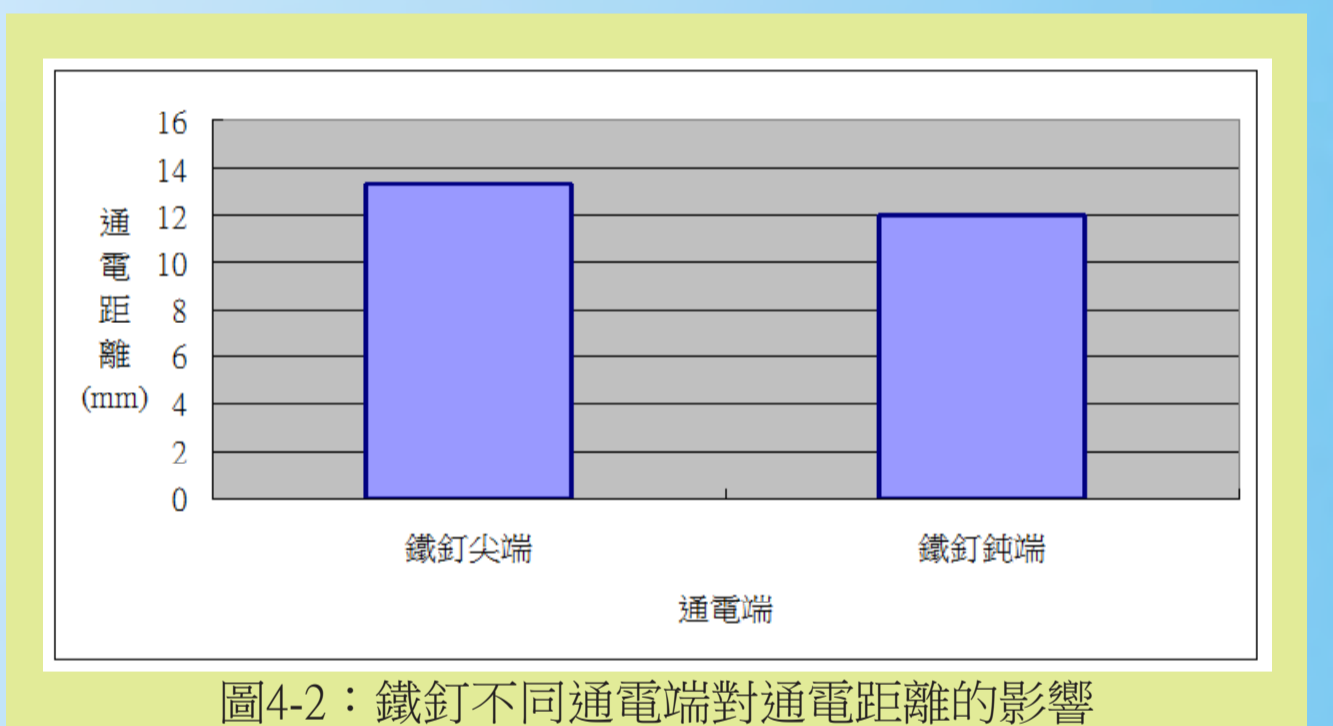
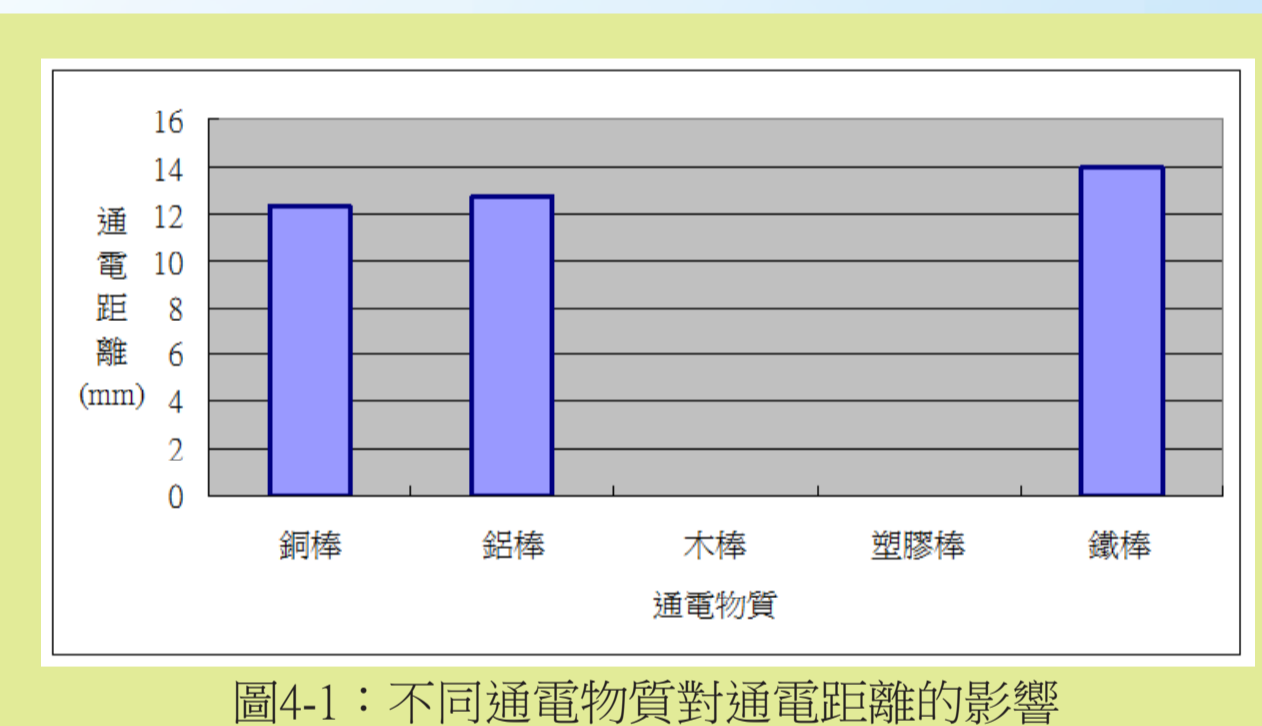
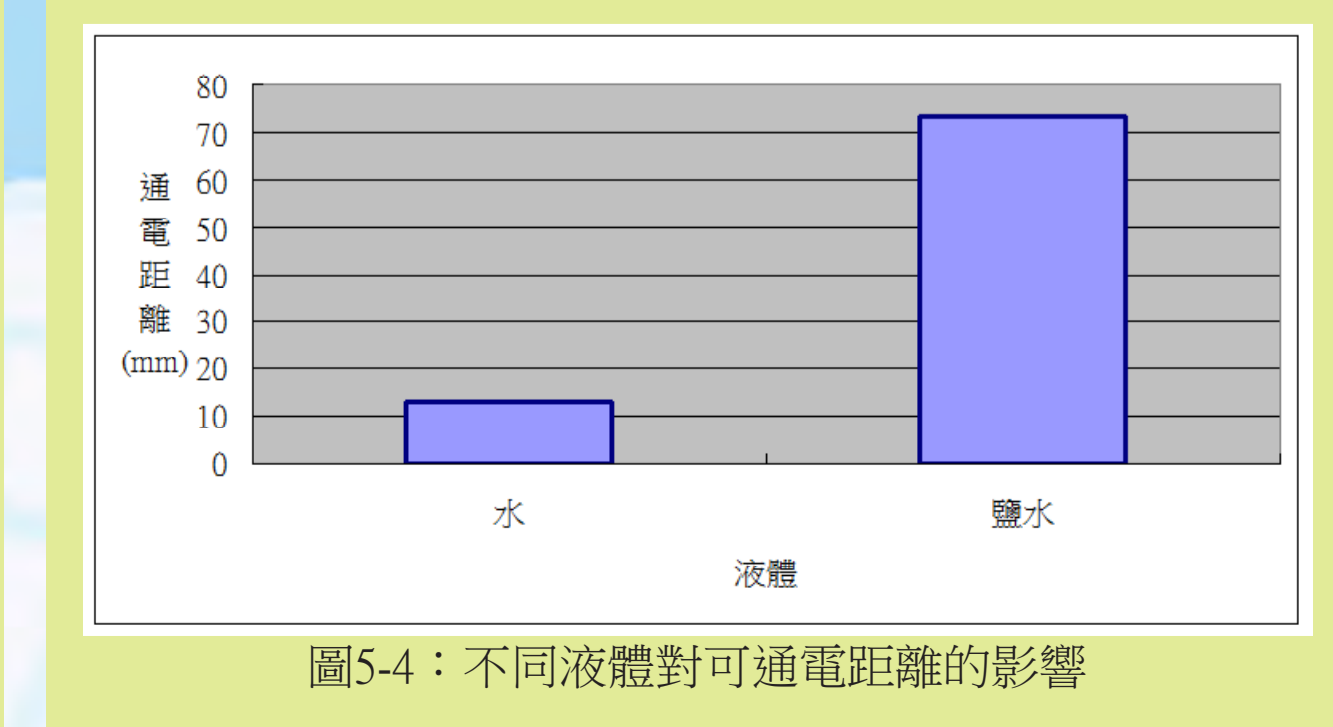
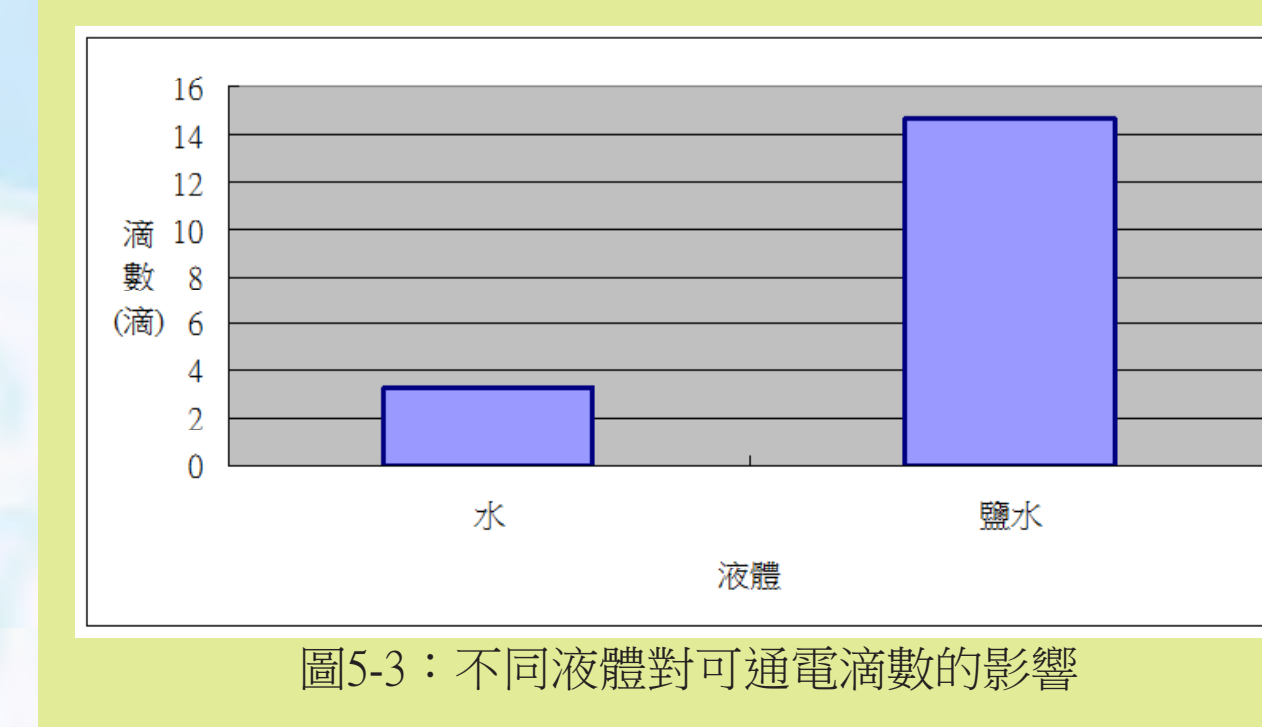
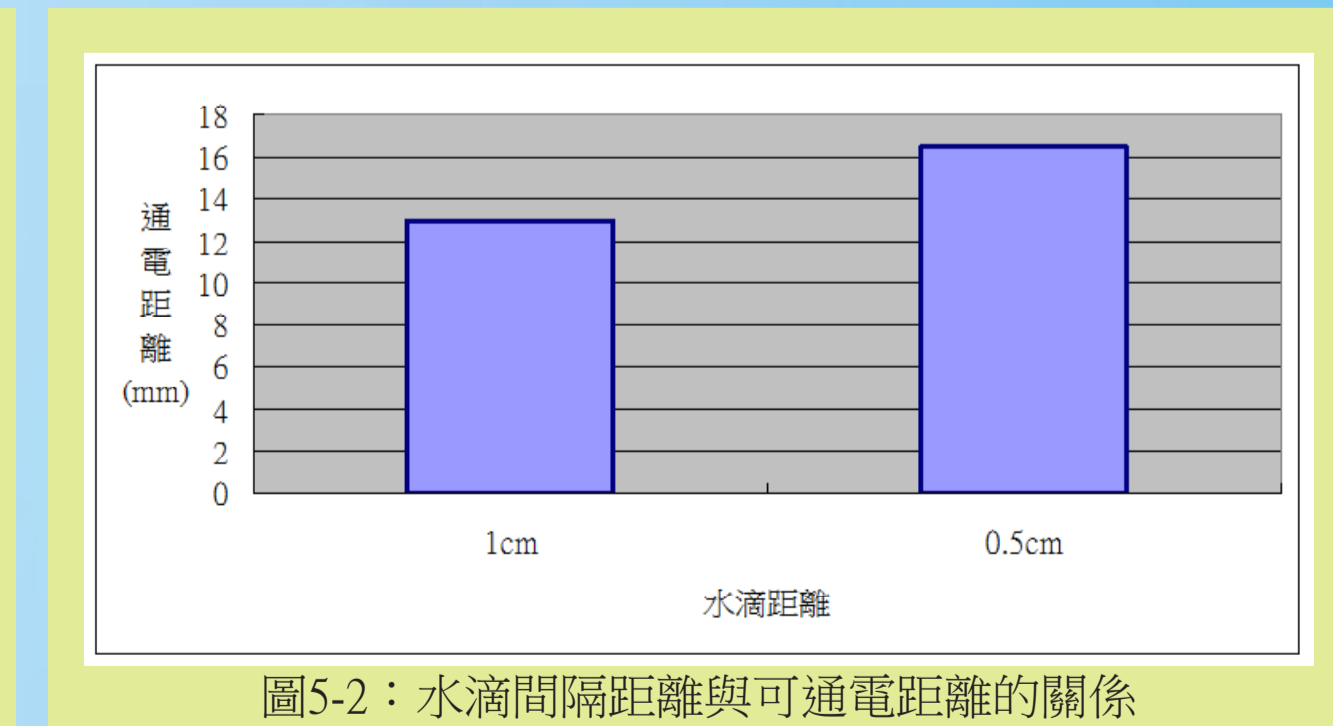
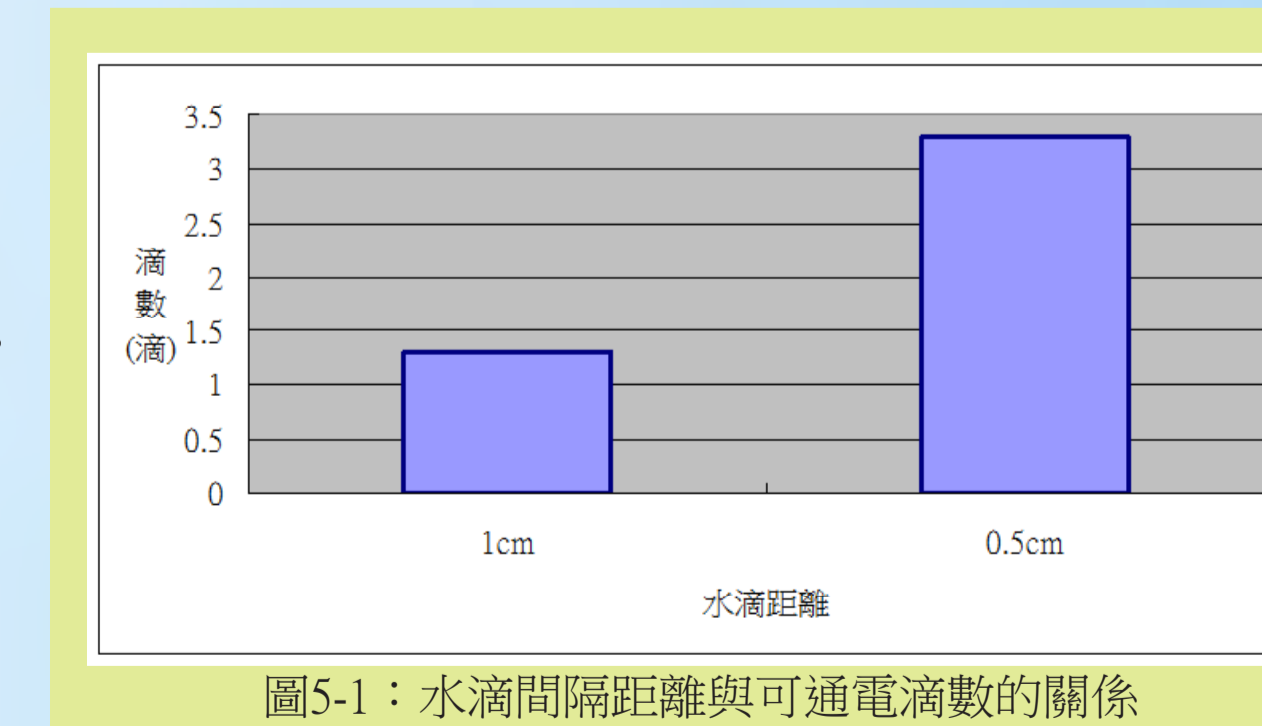
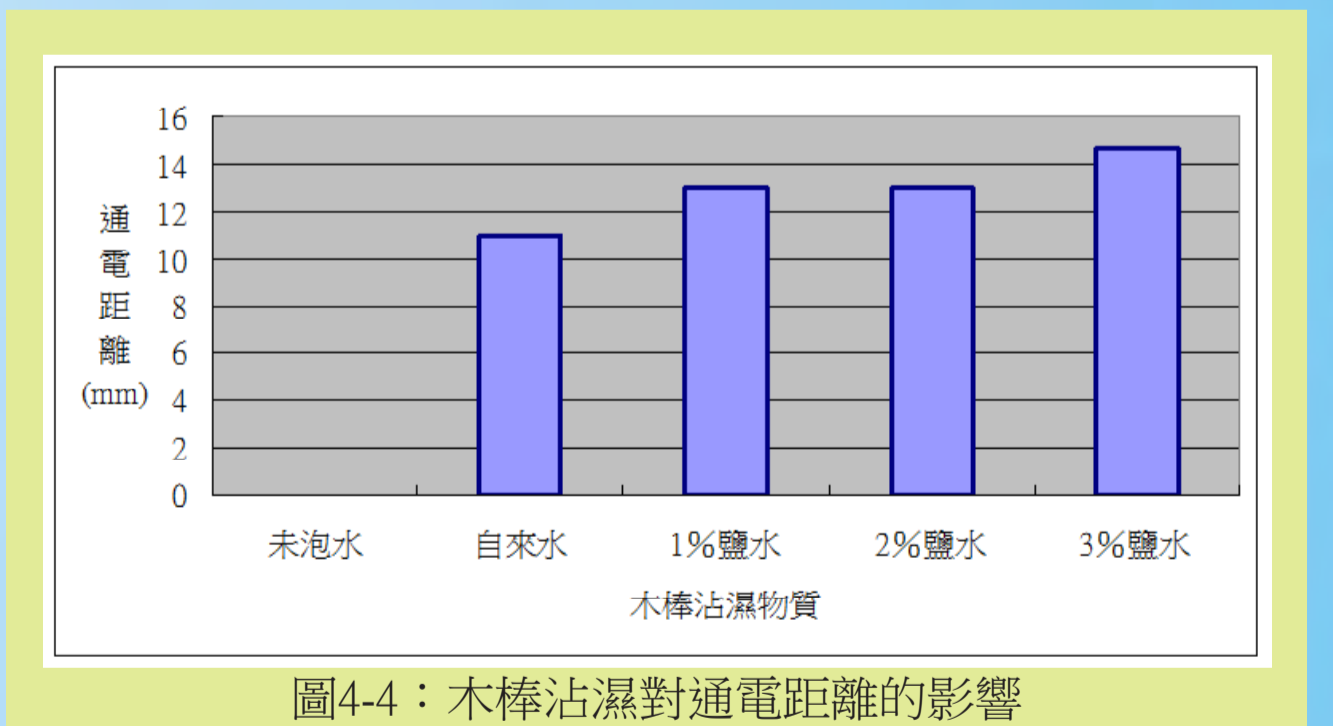
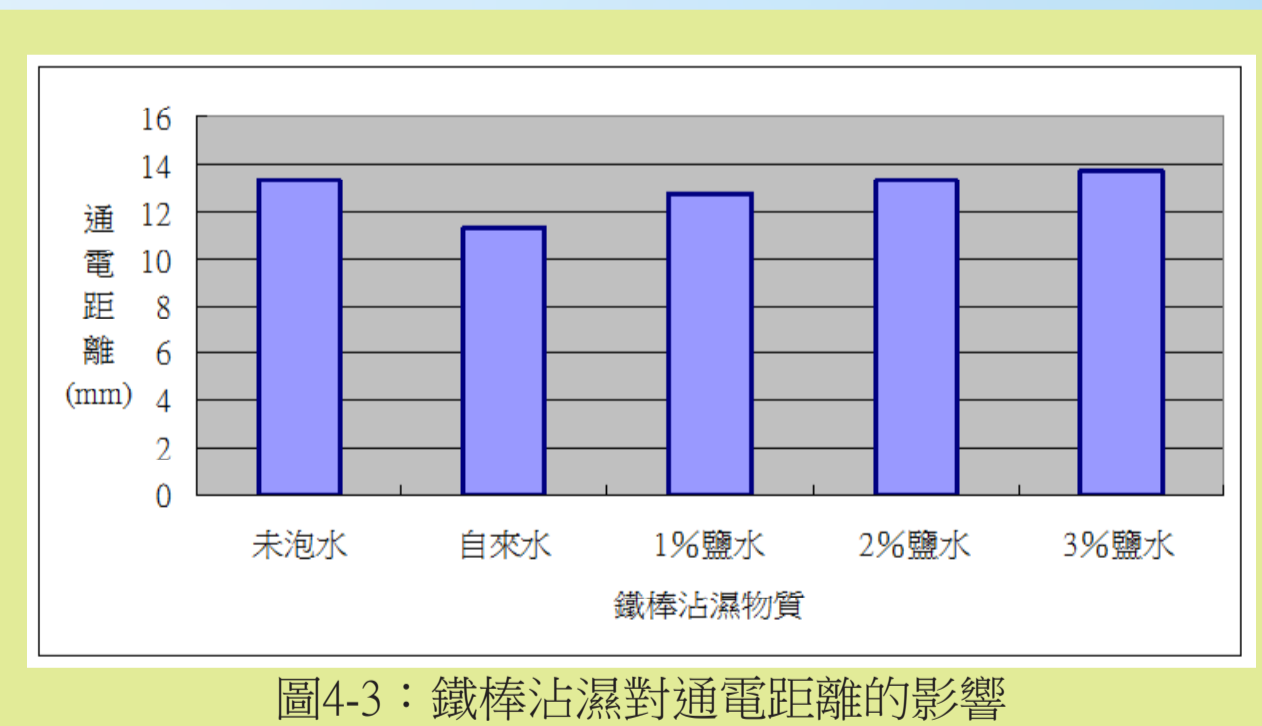


表4-1：不同通電端(尖端與鈍端)對通電路徑的影響

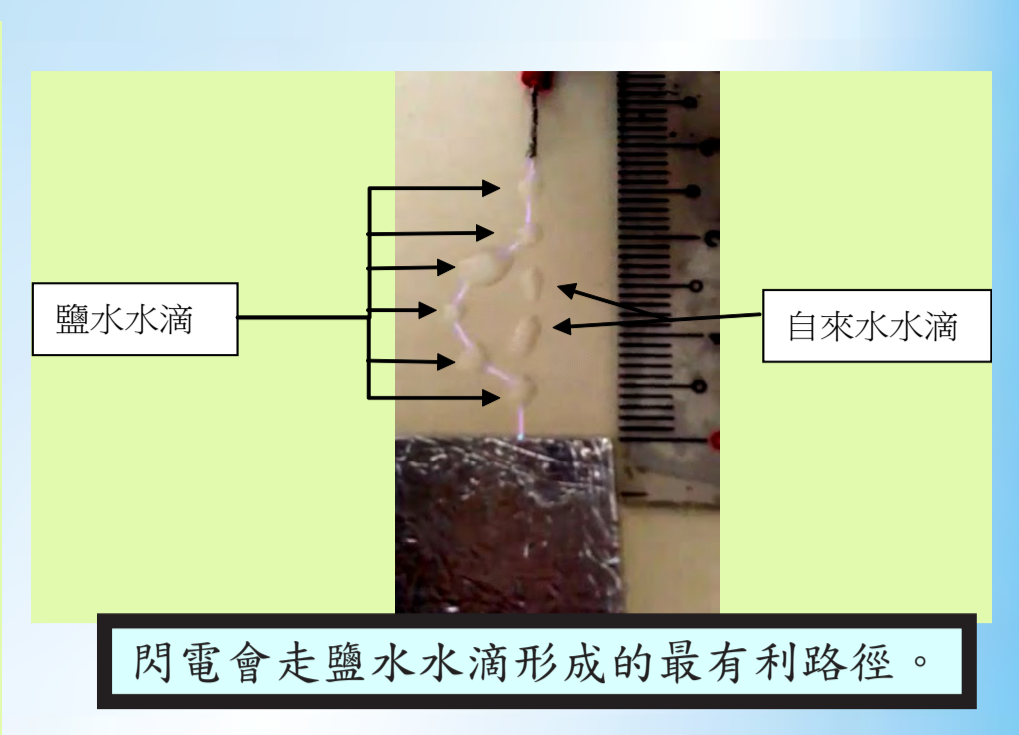
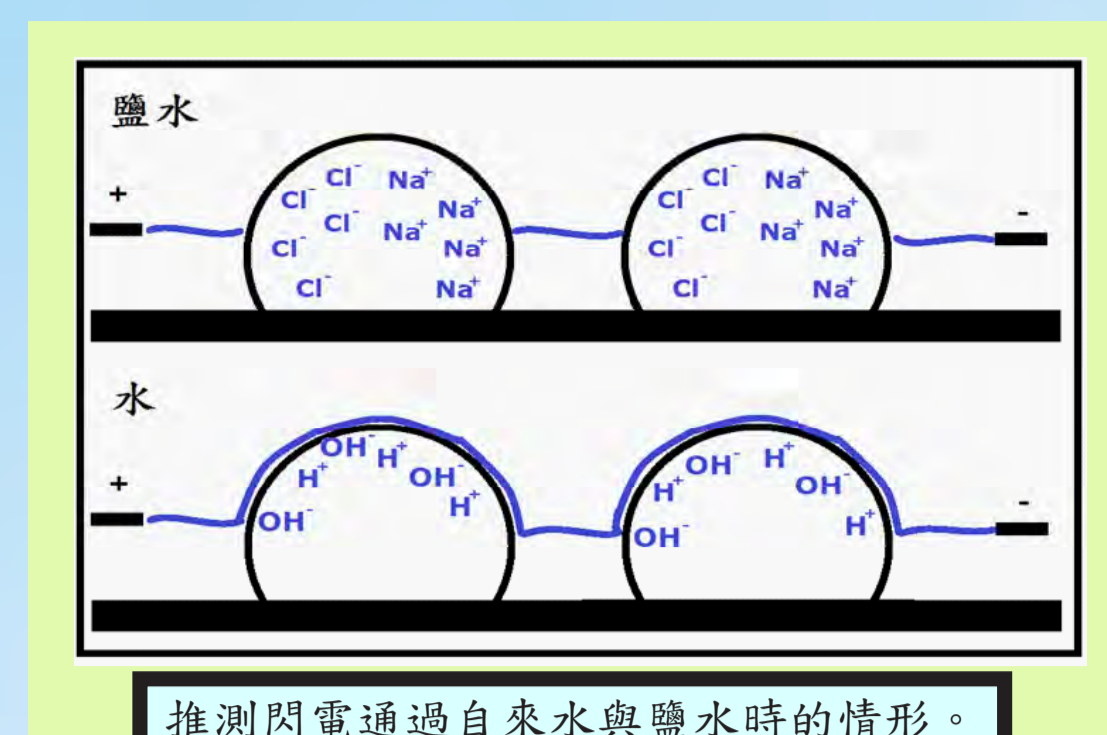
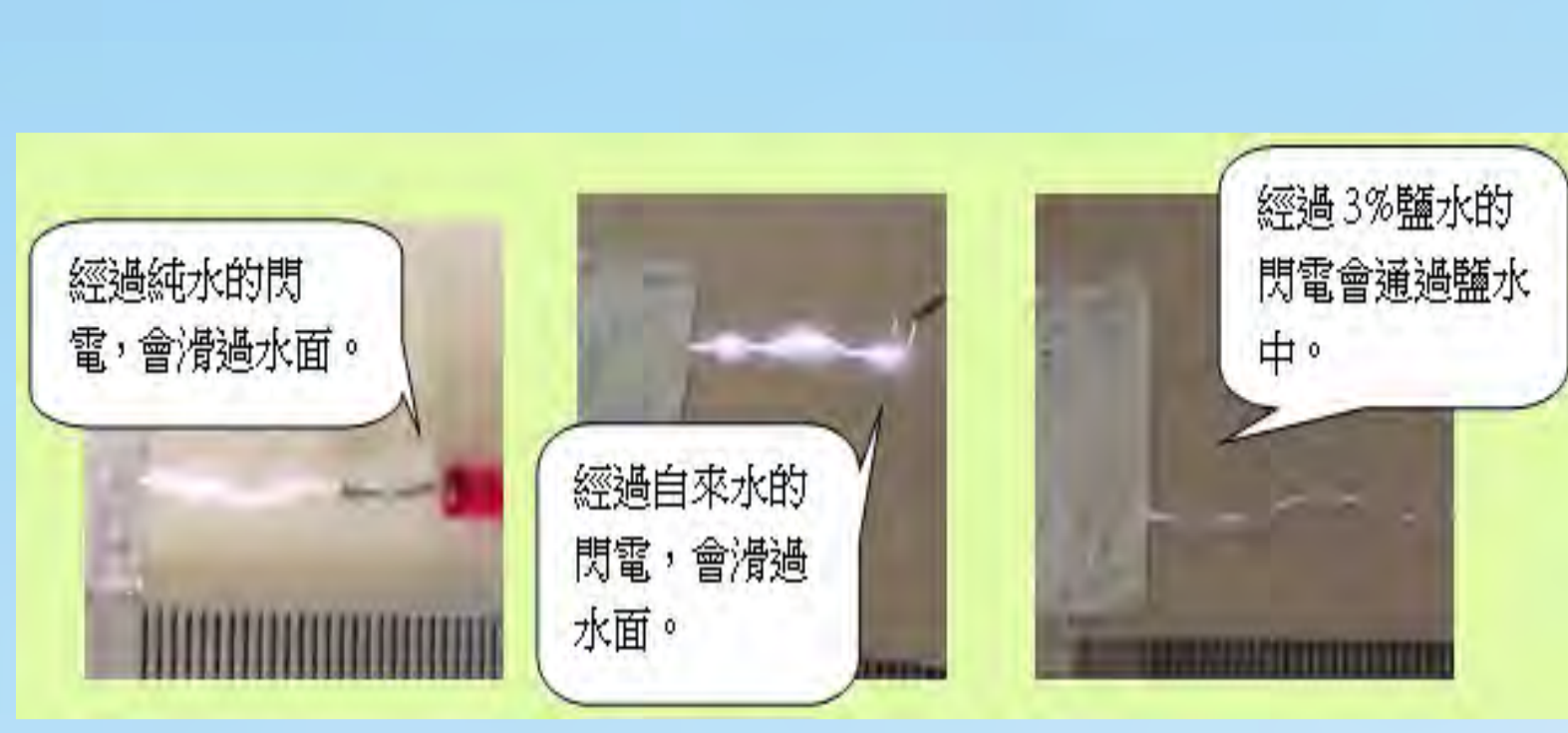
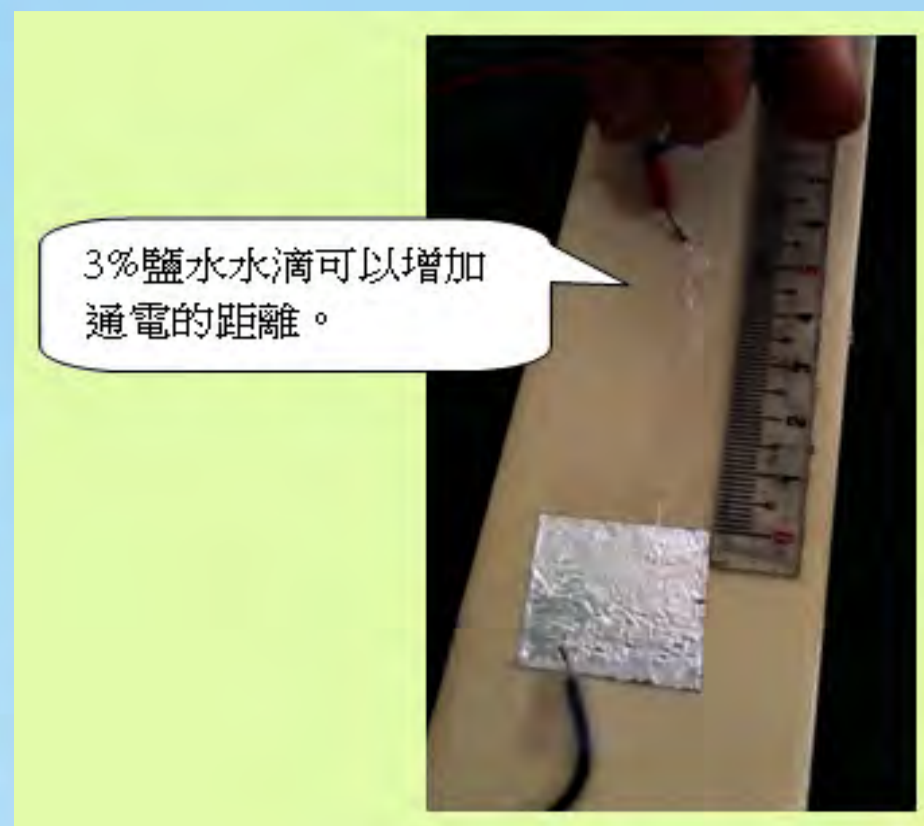
通電位置	尖端上方		中間上方		鈍端上方	
	尖端	鈍端	尖端	鈍端	尖端	鈍端
第一次	20	0	18	2	0	20
第二次	20	0	17	3	0	20
第三次	20	0	18	2	0	20
平均	20.0	0.0	17.7	2.3	0.0	20.0

表4-2：不同通電端(高端與低端)對通電路徑的影響

通電位置	高端上方		中間上方		低端上方	
	高端	低端	高端	低端	高端	低端
第一次	20	0	20	0	5	15
第二次	20	0	20	0	2	18
第三次	20	0	20	0	2	18
平均	20.0	0.0	20.0	0.0	3.0	17.0



- 討論：1. 從自來水通過的閃電，閃電會連成一條藍色的線，從側面觀察比較像是滑過水面，而非使得水滴產生正、負電荷分離的現象。而從鹽水經過的閃電則是直接打入水中。我們推論自來水中的離子太少，僅表面產生電荷分離的現象。而鹽水有較多的正、負離子，當通電時水滴因為感電的關係，會使得水滴產生正、負電荷分離的現象，進而影響下一個水滴，因此能夠模擬水滴電荷分離，產生閃電的過程。
2. 我們以起純水再做實驗，實驗結果發現閃電通過時，也是由水的表面滑過去，因此我們推論閃電經過自來水的表面時，水中少量的氫離子與氫氧離子的確會在表面形成正、負的排列現象使得閃電得以滑過水滴的表面。
3. 之後，我們也試著將鹽水以灑水噴霧器均勻的噴灑在磁磚表面，結果發現通電的距離可以增加至100mm左右，不過此時需要在很暗的地方才容易觀察到。



實驗十一：自來水水滴與鹽水水滴會影響通電路徑嗎？

說明：為了確認在高壓的情況下，閃電是否較容易通過鹽水的路徑，我們將導電的距離控制在自來水與鹽水都能夠產生閃電的情況下，來試驗是否閃電的路徑是以鹽水為主。

方法：1. 在導電膠帶的兩端分別滴上自來水水滴及3%鹽水水滴，並控制兩者間的距離為0.5公分，然後分別在自來水上方、兩者中間及鹽水上方予以通電，並記錄在20次的通電中的通電路徑。

2. 同上，但兩者間的距離依序改為1公分及1.5公分。

結果：如表5-1、5-2、5-3。

發現：當自來水水滴與鹽水水滴相距0.5公分時，無論通電位置在何方，通電路徑始終是由鹽水通過；相距1公分時，無論通電位置在何方，多數通電路徑是由鹽水通過；相距1.5公分時，通電路徑總是由通電位置決定。

討論：1. 我們透過電子點火槍的電壓，產生鹽水水滴間電荷分離並中和的現象，來說明閃電形成的路徑與形狀。

2. 發現閃電擇繞過自來水水滴而通過鹽水水滴形成較有利的路徑。

表5-1：不同通電端(自來水與鹽水，相距0.5cm)對通電路徑的影響

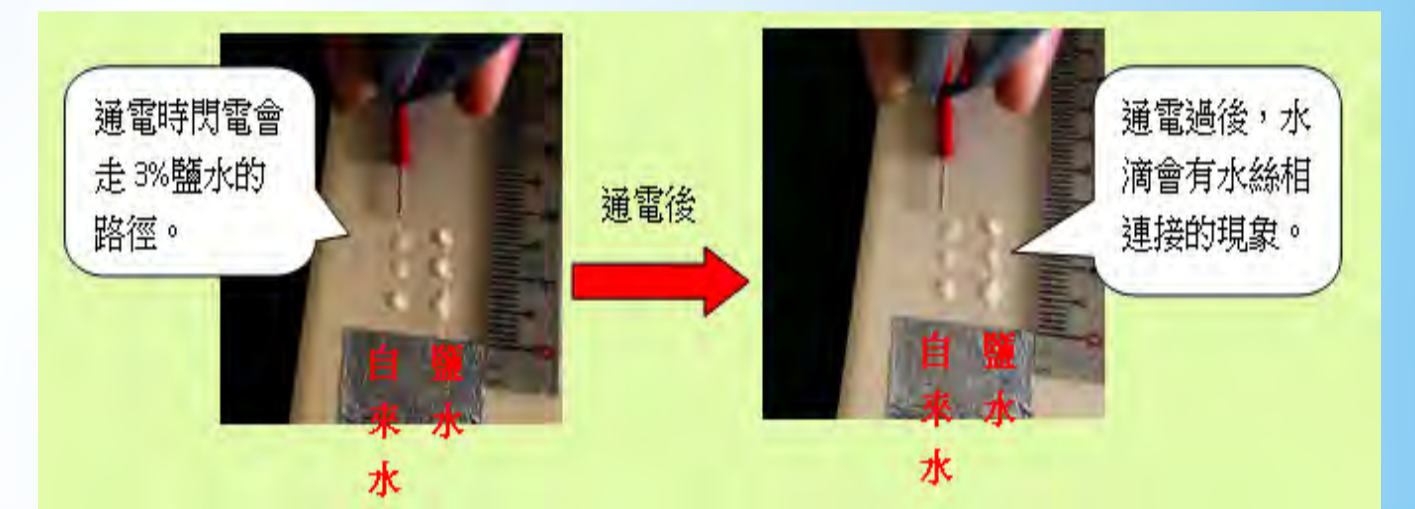
通電位置	自來水上方		鹽水上方	
	鹽水	水滴	鹽水	水滴
第一次	20	0	20	0
第二次	20	0	20	0
第三次	20	0	20	0
平均	20.0	0.0	20.0	0.0

表5-2：不同通電端(自來水與鹽水，相距1cm)對通電路徑的影響

通電位置	自來水上方		鹽水上方	
	鹽水	水滴	鹽水	水滴
第一次	19	1	20	0
第二次	19	1	20	0
第三次	17	3	20	0
平均	18.3	1.7	20.0	0.0

表5-3：不同通電端(自來水與鹽水，相距1.5cm)對通電路徑的影響

通電位置	自來水上方		鹽水上方	
	鹽水	水滴	鹽水	水滴
第一次	0	20	20	0
第二次	0	20	20	0
第三次	0	20	20	0
平均	0.0	20.0	20.0	0.0



實驗十二：通電時，鹽水比自來水容易讓水滴相連嗎？

說明：為了驗證鹽水會較容易產生電荷分離，使得閃電更容易產生有利路徑的這個推測，因此，我們分別讓自來水水滴及鹽水水滴在能通電的最大距離下，計算通電次數需要多少次才能夠使得水滴連在一起，次數較少的就是較容易產生電荷分離，使得閃電較能夠容易導通，並透過電荷分離時，正負電荷的吸引力而使得水滴之間相連。

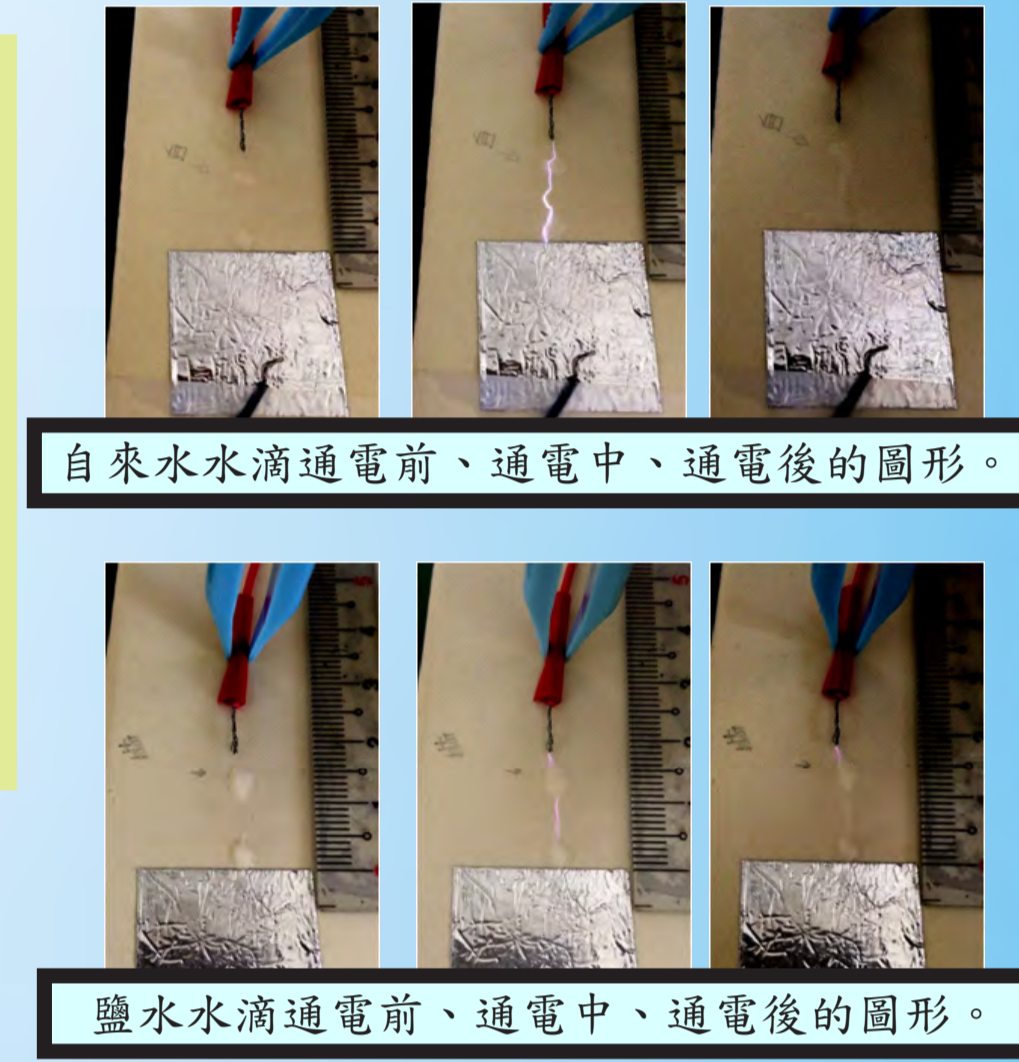
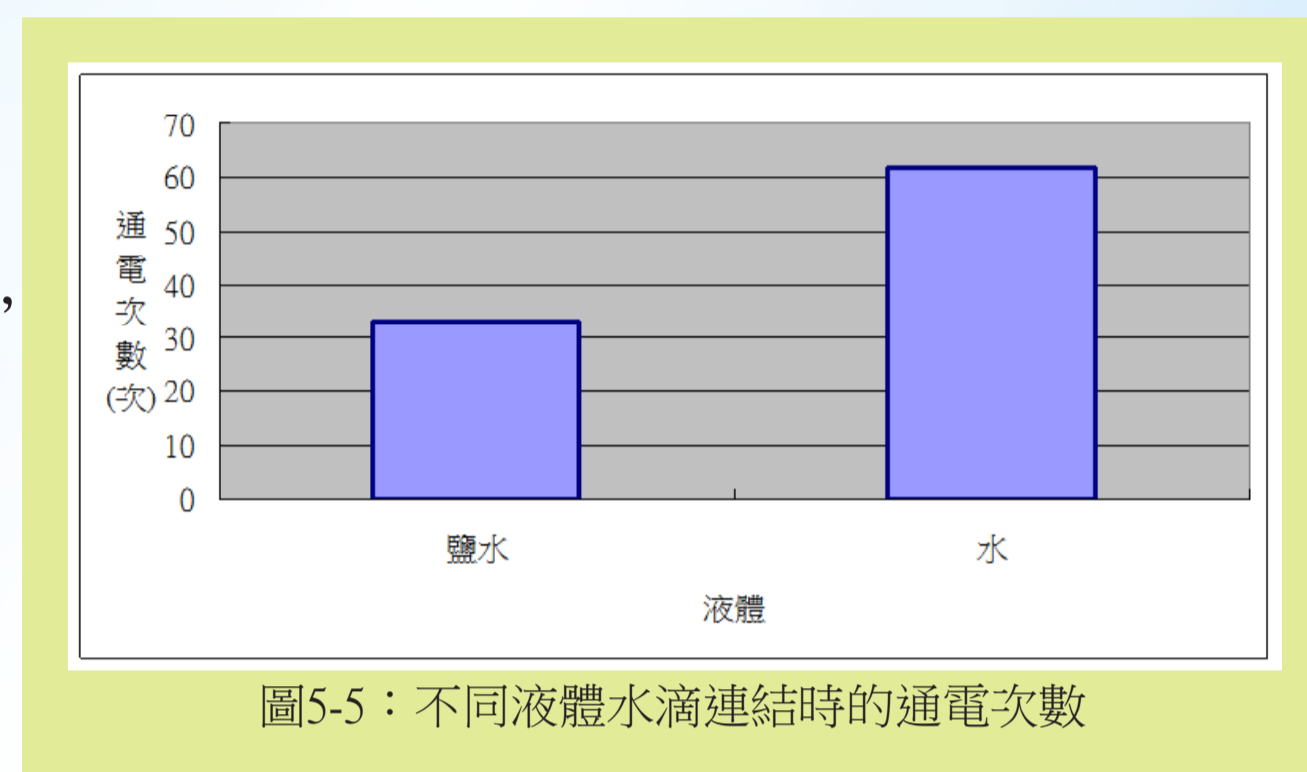
作法：過程如圖形

結果：如圖5-5。

發現：鹽水的平均次數較自來水來得少，較容易讓閃電通過。

討論：1. 2滴水滴距離0.5公分做實驗，鹽水水滴與自來水水滴的次數比是21：26，距離1公分來實驗次數比是33：62，說明鹽水較容易產生電荷分離使得閃電導通之外，也可以知道會產生水絲和電的正負電荷相吸有關。

2. 我們推論雲內閃電會較雲對地的閃電次數來得多。因為雲間的水滴密集當電荷分離後，容易形成閃電的有利路徑，而雲對地之間水滴較不密集，即使形成電荷分離仍不容易形成閃電的有利路徑，而從參考書籍中確實也說明雲間的閃電較雲對地的閃電次數來得多。



實驗十三：可以用自製的實驗裝置模擬閃電的形狀嗎？

方法：將3%的鹽水透過噴霧器灑在磁磚表面。通電使通路發生，在容易以肉眼觀察到的距離下以手機拍攝閃電產生的形狀。

結果：如圖所示。

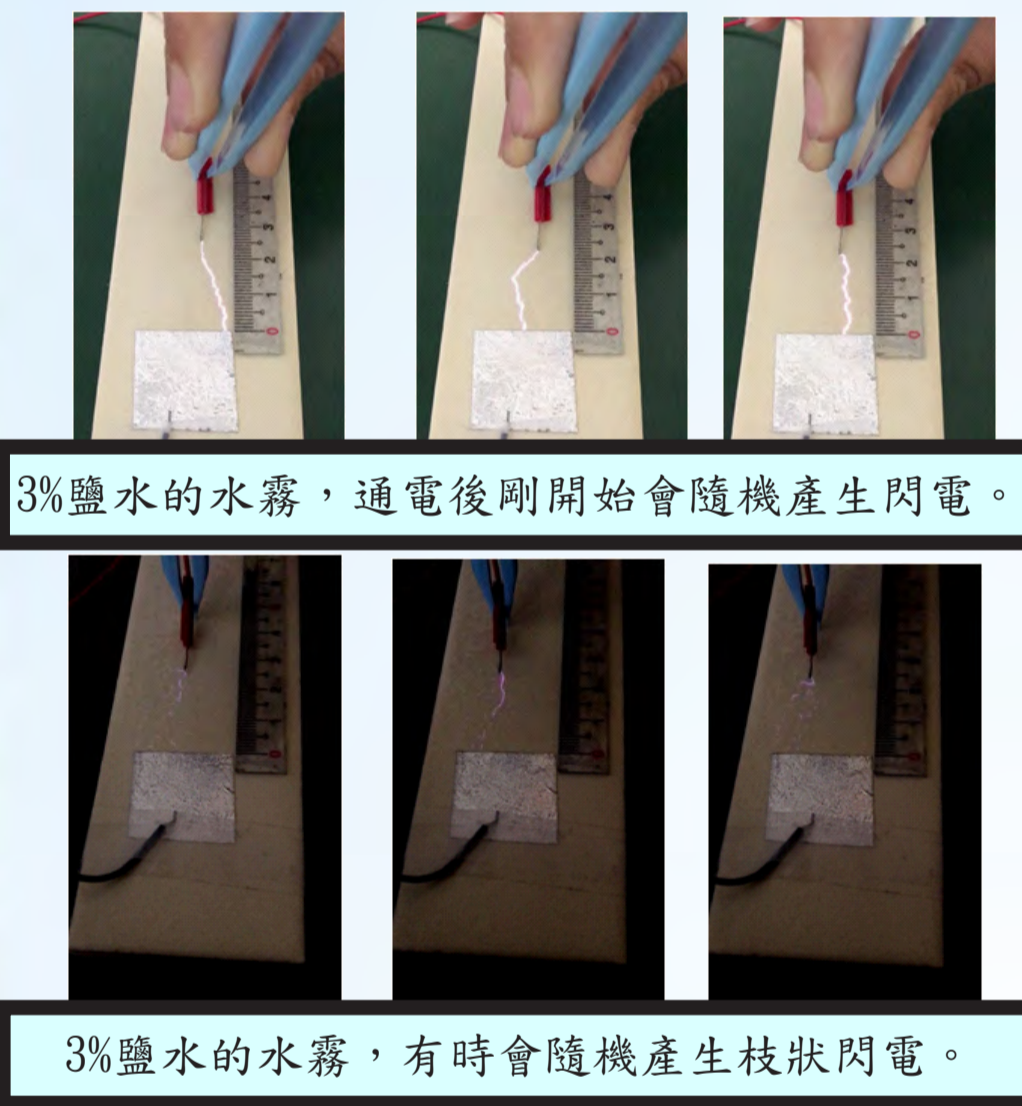
實驗十四：透過鹽水可以控制閃電的形狀嗎？

作法：1. 以3%鹽水每隔0.5cm滴一滴鹽水水滴做成我們想要的形狀。

2. 藉由通電，觀察是否能夠產生事先以鹽水水滴排列而成的形狀的閃電。

3. 改變不同的形狀並重複以上的步驟。

結果：如圖所示。



六、找出如何避免雷擊的方法。

綜合上述的研究發現，我們大致可以推論出，當雷雨發生時，以下幾個避免雷擊的方法：

- (一) 夏天戶外活動時，如果發現午後且雲層開始密佈，就要儘快結束活動，趕緊離開以減少被雷擊的機會。
- (二) 避免接近鐵製或金屬物品，例如：金屬的電線、鐵製物品、金屬製的水管等，因為金屬物品比較容易導電而成為雷擊的對象。
- (三) 避免接近潮濕的物體，例如：穿著雨水淋濕的衣物比較容易導電，而汗水浸濕的衣物也要避免，因為和汗水中的鹽分更容易導電，另外靠近較潮濕的地方像湖邊、水邊，也容易增加被雷擊的機會。
- (四) 避免接近較凸出的建築物，例如：高塔、較高的樓房、空曠地區的大樹邊，都是容易被雷擊的地方。另外如果在很空曠地區活動時，對於旁邊而言我們反而是更突出的物體，也容易被雷擊，所以要趕快離開。
- (五) 避免接近具有尖端的物體或建築物，因為較尖端的物體比較容易被雷擊。例如：建築物上設置避雷針，相對是較尖端的物品，因此可以增加雷擊的機會而使建築物避免被雷擊。另外，架設在屋頂上的天線，反而容易被雷擊，因此雷擊時應避免接近。
- (六) 避免從事水上活動，因為不但是潮濕的地方，且相對於水面我們更加突出，也容易成為雷擊的目標。

伍、結論

一、探究容易發生雷擊的時間與天氣因素。

透過實際觀察與台電綜合研究所提供的雷擊資料分析，我們發現：

- (一) 雷擊出現較多的時刻是14~18時。
- (二) 雷擊出現較多的月份是6-9月。
- (三) 雷擊出現較多的季節是夏季。
- (四) 雷擊發生時，地面的氣溫多介於25°C到33°C之間，而相對溼度則多是在60%以上。

二、探究雷擊與地形的關係。

- (一) 雷擊發生的機會，就地形而言：海洋多於沿岸陸地、北部多於南部、山地多於平地。
- (二) 台灣夏季雷擊發生原因來自於地形雷雨、鋒面雷雨與對流雷雨。

三、設計可供模擬雷擊的實驗裝置。

經由不斷的測試與改進，最後設計出可供模擬雷擊的實驗裝置步驟如下：

- (一) 使用市售的電子點火槍所拆下的電路板、高壓線圈、放電的正、負極。
- (二) 在電路板的板面找出電容的位置，使用麵包板並聯上2個相同的電容。
- (三) 使用電源供應器，提供1.5V、3A的電源。
- (四) 將放電的正、負極裝在磁磚的表面。
- (五) 架設尺規，將負極線貼在錫箔紙上，並將錫箔邊緣對齊直尺0公分的地方。
- (六) 通電後，以塑膠鑷子夾取正極，靠近負極錫箔邊緣即可見到模擬的閃電。

四、探究容易被雷擊的因素。

經由各因素的實作中，有以下的實驗結果：

- (一) 金屬物體比非金屬較容易被雷擊。
- (二) 鐵釘尖端可以通電的距離較鈍端長，因此尖端的物體比較容易被雷擊。
- (三) 當通電位置在高端及與高、低端的中間上方時，通電路徑始終是由高端通過，因此較高的物體比較容易被雷擊。
- (四) 沾溼的木棒可以通電的距離較未沾溼的木棒長，可見潮濕的物品比較容易被雷擊。

五、模擬閃電發生的形狀。

透過鹽水水滴的距離或噴灑水霧的方式，來模擬閃電的形狀，結果文中所示。

六、雷擊時如何避免雷擊的方法。

綜合研究發現，當雷雨發生時，我們大致可以推論出以下幾個避免雷擊的方法：

- (一) 夏天戶外活動時，如發現午後且雲層開始密佈，要儘快結束，趕緊離開。
- (二) 避免接近鐵製或金屬物品，例如：金屬電線、鐵製物品、金屬製水管等。
- (三) 避免穿著潮濕的衣物，例如：穿著雨水淋濕、汗水浸濕的衣物。
- (四) 避免接近潮濕的地方，例如：靠近湖邊、水邊。
- (五) 避免接近較凸出的建築物，如：高塔、較高的樓房、空曠地區的大樹邊。
- (六) 避免在很空曠地區活動，例如：空曠的草地、空曠的湖面。
- (七) 避免接近具有尖端的物體或建築物，例如：靠近屋頂上的天線。
- (八) 避免從事水上活動。

陸、參考資料

- 中央氣象局全球資訊網。http://www.cwb.gov.tw/
 臺灣科學教育館。全國中小學科學展覽會。http://www.ntsec.gov.tw/ml.aspx?sNo=0000167
 王敬東、于啟齋(民89)：現代氣象探祕。凡異出版社。
 高源清(民70)：科學教授-氣象地理篇。故鄉出版社。
 戚啟勳(民69)：雲與天氣。季風出版社。
 馮志強譯(民84)：天氣和人類活動。美迪製作公司。
 黃靜雅譯(民97)：看雲趣。遠流出版社。
 蔣德免(民78)：氣象學編序教本。國立編譯館。

致謝

感謝以下單位提供資料，使本研究得以順利進行。

1. 中央氣象局。
2. 台電綜合研究所。