

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高中組 物理科

040111

神奇的水滴再現

學校名稱：國立新營高級中學

作者：  高三 黃國峯	指導老師：  莊立山  莊立帆
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：水滴、靜電

## 摘要：

根據前人的報告，「水滴停留在水面上」的原因是由於「水滴攜帶淨電荷，造成排斥的作用」。經過一連串的實驗及探討，發現了一些新的現象，無法以前人的論點解釋。經歸納探討後，提出「水滴雖然會帶有電荷，但可能並非造成此現象的主因」，也提出了兩個假設，但目前尚無法證實。

## 壹、研究動機

無意中，觀察到點滴滴落水面時，有些水滴會停留在水面一小段時間的現象，對於水滴為何沒有直接溶入水面覺得非常訝異。之後讀了前人所做的實驗報告後，對這個現象依然有所疑問。決定進行實驗來做進一步的探討。

## 貳、研究目的

- 一、觀察水滴停留水面的各種現象。
- 二、研究水滴的形成是否確實為靜電所造成。
- 三、探討前人的結論與我們實驗結果的關係。

## 參、研究器材

### 主要器材：

輸液管	數支
鐵架	數支
電壓供應器〈含伏特計、安培計〉	2架
鱷魚夾	數條
碼表	1個
特斯拉線圈	一架
電線	數條
銅片	數片
寶特瓶	數支

#### 次要器材

塑膠杯	數杯
鐵片	數片
快乾	1 瓶
透明膠帶	1 捲
強力磁鐵	數個
食鹽	1 包
尺	2 支
砂紙	1 張
美工刀	1 支
電子秤	1 架

#### 肆、研究過程及方法

依據前人的實驗的結論報告歸納出下列三點結論：

- 一、開啟點滴後經過一段時間才會使水滴浮在水面上是由於需累積電荷，故形成醞釀期〈參考報告對累積電荷所需時間的稱呼〉。
- 二、現象的產生是由於水滴與水面有攜帶淨電荷相斥而成。
- 三、外加電壓使滴下的水滴與承接的水面帶異性電，造成現象消失。

為了找尋水滴的帶電與否和現象與電壓的關係，設計了以下的實驗：

##### 一、水滴與水面的電位差對現象的影響

以生理食鹽水重現醫院點滴瓶的情況，並插入銅片外接電壓供應器使水滴與承接的水面有電位差，歸納電位差與現象的關係。

##### 二、外加強電場檢驗水滴電荷

以特斯拉線圈為電壓供應裝置，設計平行帶電板測量水滴是否帶電。

##### 三、以物體接觸以穩定形成現象的水面；

以物體是導體或非導體為變因，檢驗接觸水面後現象的變化。

四、水面擾動對現象影響：  
擾動水面檢驗現象狀態。

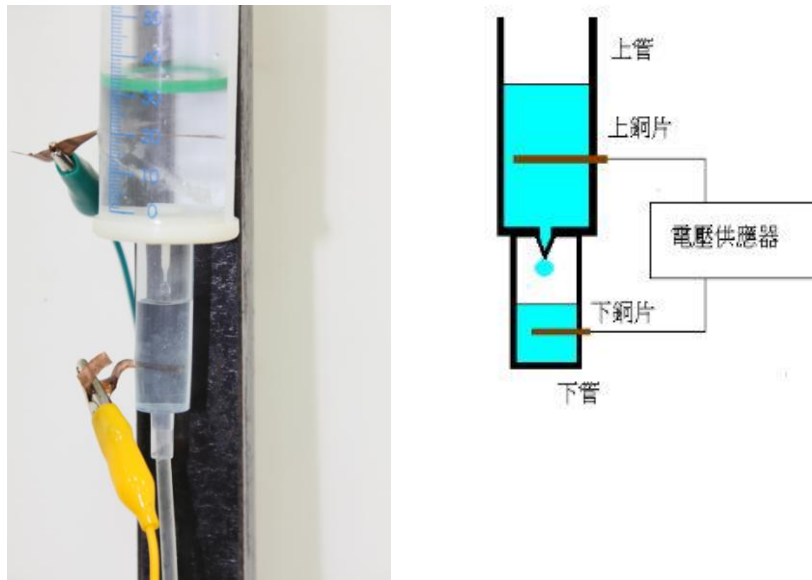
五、水滴間的交互作用：  
觀察水滴滴落時，水滴和水滴之間的作用。

六、上下管與地面間保持相同電位差測試  
將上下管的水接電壓供應器，使其同時與地表電壓有相同電位差，並觀察其變化。

#### 伍、研究結果：

實驗一、水滴與水面的電位差對現象的影響：

〈下圖為實際圖和示意圖〉



為了重現與醫院相同的設備條件，選擇生理食鹽水做為點滴液，並定水滴下緣與承接水面高度差為 0.2 公分。

以電壓為變因，定電位差為上銅片電位減下銅片電位。表(1)的數據是將上銅片與下銅片〈如圖所示〉分別與電壓供應器的正端負端相接，使滴下的水與承接水面有電位差。並以 20 滴水為一次的計算量，記錄成功產生現象的比率。

檢驗電位差的變化與現象出現與否的關係，將電位差成三種情況，分析下列三種情況所顯示出的數據：

一、上管電位大於下管電位：

當電位差在 0 到 6~8 伏特間，現象穩定出現；電位差在 6~8 伏特之後，現象穩定消失。

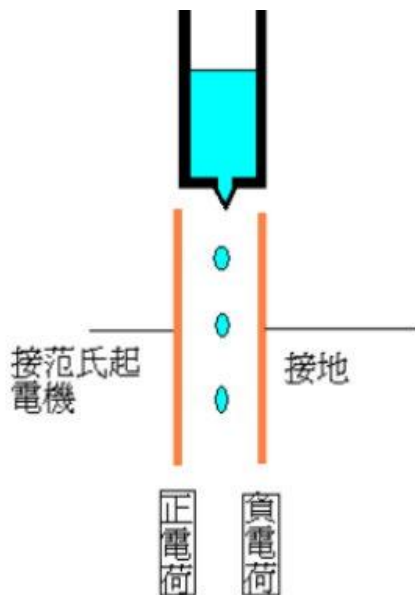
二、上管電位恆等於下管電位：

不論上下管皆與地面相差多少電位，只要上下管電位相同，則現象穩定出現。

三、上管電位小於下管電位：

當電位差在 0 到 -8~-10 伏特間，現象穩定出現；電位差在 -8~-10 伏特之後，現象穩定消失。

實驗二、外加電場檢驗水滴電荷：



為了確認水滴是否帶電荷我們利用兩個平行銅板(間距 1cm、長 14cm、寬 9cm)，並外接特斯拉線圈提供高電壓創造一個平行帶電板，兩板間的電場強度接近空氣游離的 8000 伏特/cm，使滴下來的水滴進入形帶電板中，離開電板後使之落到地面，測離開電場開關前後水滴之測位移。

但在實驗的觀察過程中，水滴並沒有明顯的偏移。

實驗三、導體接觸水面使現象消失：

在之前的實驗中，曾以手接觸承接水面而使已形成現象消失，又

經過一段時間後，現象才再次出現。故我們試著以其他物體接觸已形成現象的水面，發現導體較易使現象消失，而非導體則沒有影響。

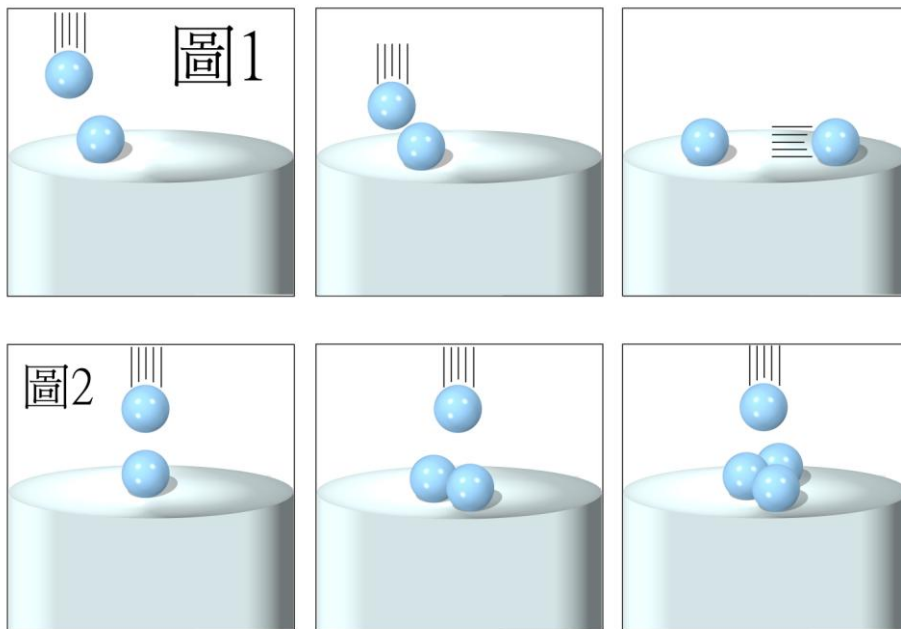
#### 實驗四、水面擾動對現象形成的影響：

在之前的實驗中曾發現，在醞釀期間，不小心使管內的水面有所擾動，會意外出現一、兩顆浮在水面上的水滴，等到水面又趨於平緩時，水滴又開始直接沒入水面。

#### 實驗五、水滴間的交互影響：

若下一顆水滴滴落時，上一顆水滴尚未沒入水面且依舊在滴口的正下方，此時滴下的水滴時常會時直接從正上方溶進存在水面上的水滴裡，並延長這水滴在水面上的存在的時間，有時甚至可以一口氣溶進 7、8 顆水滴而形成一顆大水球。

而另外兩種情況為「當水面較水平時滴下來的水滴與水面做側向撞擊讓原本在水面上的水珠側向滑行〈如圖 1〉」。而「當水面較凹時，滴下來的水滴與水面上的水滴雖然做側撞擊，但由於水面較凹，使水滴聚集在附近並存〈如圖 2〉，且在一小段時間後會同時消失」。



J

## 實驗六、上下管與地面間保持相同電位差測試

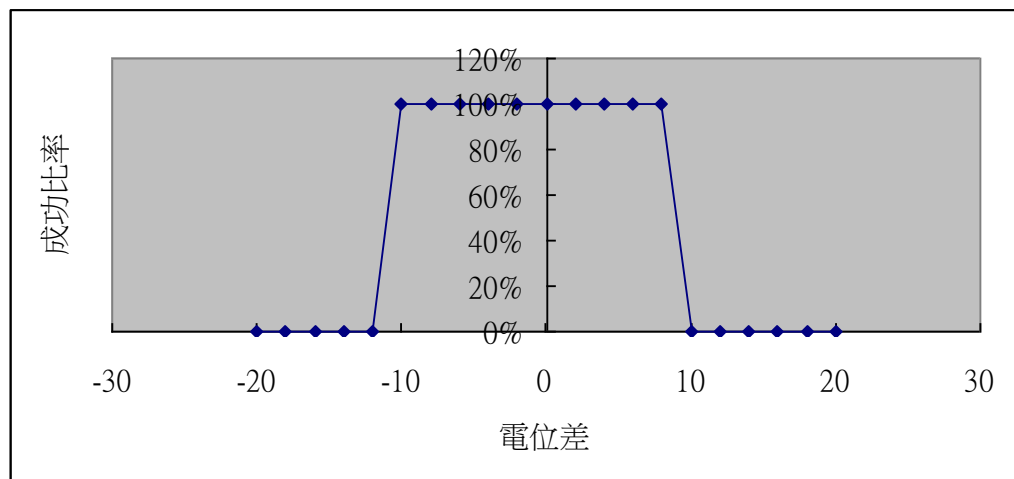
實驗過程將上下管的水接通，再外接一直流電源供應器，使上下管的水與地面皆有電位差，而電位差的變化範圍在正負 600 伏特之間。

在這範圍內的電位差皆無法使此現象消失。

### 陸、討論：

#### 一、對實驗一的討論：

根據實驗一的數據，下圖為電位差與成功比率的圖



根據這個實驗結果，現象的發生與電位差有極大的關係。從第 1、3 的情況可知，不論正負，當電位差達到一個值，則現象會消失。先稱呼這個電位差為《臨界電位差》，若在同一情況下實驗，不論是上管還是下管的電位較高，臨界電位差應該會是同一個值。但實驗中，上管電位較大時的臨界電位差居然與下管電位較大時的臨界電位差不同，不合這個說法。但根據前人的報告指出現象與攜帶電荷有關，若此時假設水滴滴落時會額外攜帶一些正電荷，這些正電荷會使水滴除了原本上管的

電位外，再使水滴電位增加。故當上電位大於下電位時，增加的正電荷會使上下的電位差擴大；而上電位小於下電位時，則會使電位差減少。所以第 1 個情況會在外接電位差較小的時候達到臨界電位差，而下電位大於上電位時，則會在外接電位差較大時才達到臨界電位差。

根據以上結果，推論出當水滴滴落時，可能額外攜帶一些正電荷。不過 2 伏特是很小的電位差的也可能是實驗的失誤造成的。

## 二、對實驗二的討論：

假若水滴在落地時偏移了 1cm，兩平行帶電板的電位差以可游離 1cm 的空氣進行放電的 10000 伏特進行計算，則此水滴需攜帶的電量約為  $10^{-12}$  庫侖，且由於並沒有偏轉的現象，故推測水滴的帶電量又少於這個數字。

## 三、對實驗三的討論：

由於實驗三的結果會因為接觸水面的物質是導體或非導體而改變，所以我們推測水面上具有的電荷會被導體移除或移入異性電荷中和，進而使現象消失，故顯現出水滴停留在水面的現象與電荷有關。

## 四、對實驗四的討論：

由於水面被擾動時，可能會是水面傾斜而讓承接水滴的水面與水平面之間形成夾角，此時將水滴停在水面上所需的作用力會相對較小，故擾動的水面便會比較容易有現象產生。

## 五、對實驗五的討論：

從水滴間撞擊彈開的現象及在水面上共存的情況可以發現，不只水滴與水面間會有抵抗互溶的作用存在，就連水滴與水滴間亦會有抵抗互溶的現象產生。且從撞擊彈開的現象我們也推知此抵抗互溶的作用力必須大到足以抵抗水滴落下時的衝擊力。

## 六、對實驗六的討論：



根據目前的實驗結果，只要上下的電位相同，現象就會穩定呈現。原本假設或許是地球有帶電的關係，造成上下相接接地時此現象依舊存在。所以外加電源供應器，試圖抵銷地球可能造成的電壓，但實驗的結果顯示此假設可能不成立，又或者地球的電壓超過 600 伏特。

七、以「淨電荷相斥為造成現象的主因」為討論方向進探討：

根據以上的實驗結果以及對各個實驗進行的進一步討論，我們以前人的報告中認為「淨電荷相斥為造成現象的主因」為方向進行探討。而其中可完整解釋的現象有：

(一) 需要經過醞釀期才使現象開始產生

由實驗一的討論中推知水滴落時會額外攜帶正電荷，故需要一段時間使承接水面也帶有足量的同性電，才能達到相斥進而抵抗水滴與水面互溶的現象。

(二) 現象持續一段時間後會消失

當水滴與水面接觸時，雖然因為電荷相斥的關係而能停留在水面上，但也因為斥力的關係，會使接觸面的電荷開始移動，當接觸面的電荷不足以撐起水滴時，現象便會消失。

(三) 水滴間不會互溶

如同水滴與水面不互溶的道理，水滴與水滴之間亦會有相斥而不互溶的現象產生。

而以下為無法解釋的現象：

(一) 電位差超過一個值時現象會消失

由實驗一得知電位差在一個固定的值之外，現象會穩定消失。在實驗中，曾同時使上下電位同時大於或小於地表電位故此時上下應該帶有同性電。雖然上下帶有同性電，但當上下電位差達到那個固定的值時，現象依舊穩定消失，不符合淨電荷相斥而造成現象的說法。

(二) 平行帶電板的實驗沒有觀察出水滴的偏向

根據實驗二的討論，水滴要落地時要偏移 1cm 需攜帶 10 的負 12 次方庫侖。但再根據實驗五水滴碰撞彈開的現象推測兩水滴間

的排斥力，若撞擊時的排斥力需達到一顆水滴的重量的話，那每顆水滴便需要攜帶  $10^{-9}$  庫侖的電量，而此電量值可以在平行帶電板中造成極大的偏移，但實驗結果並非如此，造成了矛盾的結果。

(三) 上下同時接地，現象依舊存在

以平時處理靜電學的習慣，接地代表將物體的電荷移除，故上下接地理論上表示水滴與水面皆不帶電，但現象卻依舊出現，與推論矛盾。就此，我們提出兩種推測「是否為實驗室插頭接地有問題」及「是否地球有帶電」，假若建築物接地有問題，那的確會造成電位可能都不為 0 的狀態。而地球帶電方面，根據計算，若地球攜帶 1 庫侖的電量，地球表面便帶有約 3000 伏特的電位，亦會影響實驗。

故綜合以上的情況分析，雖然有些現象可以用「水滴帶有電荷」的論點解釋，但卻有現象與這個論點矛盾或無法解釋。根據這些矛盾的部分進行探討，得到了「水滴可能帶電，但所攜帶的靜電荷並非是造成現象的主因」。

八、以「水滴帶有電荷」但為並非主因來進行討論：

若「水滴帶有電荷」但現象並非如前人所說的為現象形成的主因，以下為以此方向進行解釋。

(一) 電位差在某一個值之外現象會穩定消失

以我們的假設，造成現象雖然另有其他重要的原因，但電位差過大會是一個破壞的現象的作用，故當電位差在某個範圍內，現象才會穩定的出現。

(二) 經過醞釀期才能是現象產生

我們推測，醞釀期的存在可能是原本上下管就有一個電位差或水滴在滴落時額外攜帶的電荷造成電位差的存在。而醞釀期則是透過一段時間的讓水滴落使兩者的電位差縮小，達到特定的值內，使現象穩定出現。

(三) 平行帶電板的實驗沒有測出水滴的偏移

若造成現象的主因不是電荷斥力，那根據使水滴碰撞彈開的現象亦不會主要是電荷斥力造成的，故即使水滴的帶電極弱也是合

理的，故水滴經過平行帶電板裡沒有明顯側位移。

#### (四)上下同時接地，現象依舊產生

由於造成現象的主因不是電荷，那接地後上下不帶電亦不會對現象有影響，且一同接地後更保證了水滴與水面的電位差為 0，更確保水滴與水面的電位差在那個特定的值內，現象能夠穩定呈現的合理性。

再來利用「水滴存在水面一小段時間後才消失」的現象推測出現象的主因需具有隨著接觸時間而使影響能力減弱的性質，以下假設了兩個可能造成此現象的因素：

##### (一)水分子的極性：

水分子因為有極性所以基本上水滴與水面應該會很快的互溶，這也是我們特別對不互溶的現象感到疑惑的原因之一。不過假若水滴或水面最外圍(也就是與空氣接觸)的分子會有規律的排列，例如氧原子或氫原子會比較靠外圍，如此一來在水滴與水面接觸時不但極性氫鍵的性質會較不明顯或者達到短暫排斥的現象。且隨著接觸的時間，水分子的規律排列開始因為氧與氧或氫與氫之間的排斥而打亂排列，進而使抵抗互溶的能力減小。但目前這點推論仍純粹是一個假設，沒有實驗或資料支持這個想法。

##### (二)夾在介面裡的空氣：

假若水滴在滴到水面時在介面夾了一層空氣，此層空氣會使水滴與水面不會直接接觸，使原本氫鍵造成強烈互溶的性質因這層空氣的阻隔而作用較弱，此時的水滴便以此層空氣為隔絕物，以表面張力浮在水面上。且隨著接觸時間，空氣會散失或溶進水裡，使抵抗互溶的能力減小。此假設我們有實驗的想法，不過需要一個低壓的操作空間，以空氣的稀薄程度作為變因進行實驗，但由於沒有能力獲得低壓的操作空間，且真空下會沸騰，可能無法進行實驗，此點仍是一個未知結果的假設。

九、實驗五對以上論點的矛盾點：

實驗五曾提到水滴擊入原本停在水面上的水滴並溶成一個大顆水滴，也增加其存在水面的時間，故造成現象產生的因素也需有隨著大水滴累積水滴顆數的增加，使抵抗互溶的作用要更強烈。

但以我們的假設去推斷，水分子的極性不但無法因為累積的水滴增加而增加排列的強度，甚至在上水滴撞入下水滴時還可能打亂底層分子的排列。而夾一層空氣的說法，由於上水滴擊入下水滴時根本沒碰到水面，亦不可能增加底部的那層空氣。目前這個疑惑仍無一個可行的解釋。

#### 柒、結論：

前人的報告對這個現象的推斷為「水滴帶有電荷且為現象形成的主因」，但以此為方向去研究解釋我們的實驗結果，發現了無法明確解釋的矛盾。

在綜合以上的矛盾點以及現象後，我們推斷「水滴帶有電荷但並非現象主因」的這個結論，以此為依據，我們可以合理的解釋原先的現象，且在原本在前人的推論中有所矛盾的現象也因為這個新的推斷下而能有所解釋，並衍生出了兩個可能為現象主因的假設。

但整體實驗，由於後來對「器材是否真正接地」以及「地球是否帶電」這兩點的疑惑上未有確定結果，對整個現象的解釋仍需要進一步的實驗才有更完整的結論。

#### 捌、參考資料：

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會第三名作品——神奇的水珠

## 【評語】 040111

作品探討滴管滴出的水滴的帶電性，並推論得水滴帶電的主因與分子極性較無關係，並能以簡易模型討論水滴與液面的介面互動關係，但實驗內容似乎較不嚴謹，且對數據的物理內容應可有較多的思考。