

2011 年臺灣國際科學展覽會

優勝作品專輯

編號：140029

作品名稱

食品粉末在高電場下噴發行爲之研究

得獎獎項

三等獎

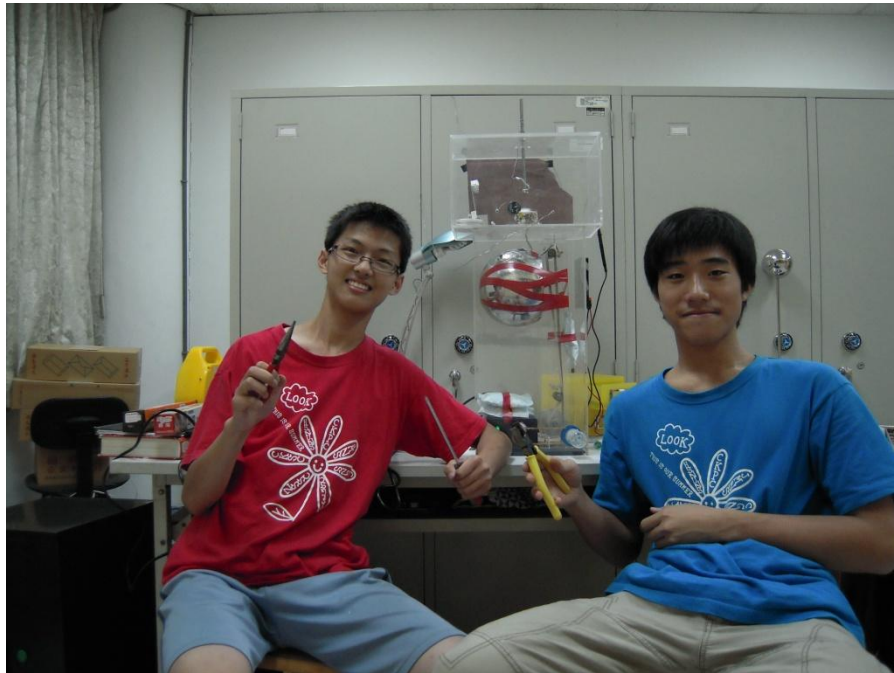
作者姓名：陳劭敵、王文生

就讀學校：臺北市立建國高級中學、
臺北市立成功高級中學

指導教師：劉鏞、林哲安

關鍵字：粉末噴發、負離子、高電場

作者簡介



陳劭敬

我有一個長得很像大猩猩的爸爸跟村姑老媽，所以自己也長得很像猿人。小時候喜歡拿家裡的放大鏡到處燒東西，並且深深對其中的科學原理著迷。國中踏上研究的不歸路，跟著老師做有關化學的科展，曾經參加過全國科展。高中開始對物理產生興趣，參加中研院的高中生培育計畫，結訓之後決定開始一份自主研究，於是就有這份作品了。

王文生

我從幼稚園開始和猿人臭味相投，成為一丘之貉。可惜隨著年歲漸長，我們的外貌年齡越差越多，很自豪有一張娃娃臉。父母在我小時候常常買一些科學玩具給我自行運用，於是在某天瞬間了解自然科學的有趣！國中熱愛魔術方塊，排名世界前 20！高中不幸和猿人一起去中研院培訓，教授為我們打下扎實的科學思

路基礎。最後，終於自主醞釀出一份個人研究。

p.s 以上作者介紹為互相介紹，未經協調。

目 錄

壹、 研究動機.....	1
貳、 研究目的.....	1
一、 定性目的.....	1
二、 儀器設計目的.....	2
三、 定量目的.....	2
參、 研究設備與器材.....	5
一、 研究設備.....	5
二、 研究器材.....	5
肆、 研究方法與過程.....	6
一、 定性實驗.....	6
二、 儀器設計與操作方式	29
三、 定量實驗.....	55
伍、 研究結果與討論.....	67
一、 目的(一) 目的(二)結果與討論	67
二、 目的(三) 目的(四) 目的(五)結果與討論.....	75
三、 目的(六) 目的(七) 目的(八)結果與討論.....	82
陸、 結論與應用.....	98
一、 儀器結論.....	98
二、 定量結論.....	98
三、 總結論與應用.....	99
柒、 參考文獻.....	100

壹、 研究動機

很多人都有泡奶粉的習慣，卻偶爾會發現在舀完奶粉後，會有少許奶粉殘留於桌面上，仔細的觀察後發現~舀奶粉時塑膠匙上有叢狀奶粉聚集，且部分奶粉會噴射出去，若奶粉是一般的電偶，理應在排列好後維持穩定的位置，相反的，若奶粉有帶上與塑膠匙面同性的電荷，它應該不會沾附於匙面，而是被斥離。但我們的觀測結果卻同時包含以上兩種現象，我們對此感到好奇而展開研究。

貳、 研究目的

一、 定性目的

設計定量實驗之前我們必須先猜測奶粉噴發的成因，因此我們設計定性實驗。

定性目的如下

(一) 確定造成粉類噴發的主原因

1. 觀察奶粉叢結型態及噴發過程

(二) 找出和主變因相關之變因

1. 探討奶粉帶上靜電荷的成因

2. 找出高電場下空氣變化對奶粉的噴發之影響機制

二、 儀器設計目的

因現有儀器無法同時兼顧粉末噴發和收集以及定量還有噴發環境的控制，因此我們決定自己設計並製作相關儀器。另外關於粉末帶電性質之量測，也使用自己製作之儀器。

儀器並能符合下列幾項要點：

(一)關於噴發之儀器

- 1.能夠提供足以讓粉末噴發的電場
- 2.儀器必須要有量測電壓的裝置
- 3.要有能夠收集而不致影響噴發的收集端
- 4.能夠控制粉末噴發的微環境

(二)關於粉末帶電性質之量測

- 1.可以量測粉末之電性
- 2.可以定出粉末之帶電量

(三)特殊環境的噴發

- 1.可在低壓環境下噴發並收集之儀器
- 2.可在液體環境中噴發之儀器
- 3.能夠提供穩定培育粉末環境的容器

三、定量目的

為了探討粉末的噴發原因,我們根據定性實驗、討論、資料假設了三個噴發的原因，並且根據變因設計了研究目的

(一)庫倫爆炸

粉末通常容易帶上負電，而粉末之間的帶電量造成的斥力大過將粉末結合在一起的結合力時，基於電斥力作用就會被斥離。若粉末以庫倫爆炸的方式噴發，應該會符合下列幾項特徵:

- 1.若將噴發量對施加電壓作圖，應會找到一個噴發量突然增加的門檻
- 2.粉末之間的沾附力會影響噴發量
- 3.在非極性液體中和隔絕空氣的環境下也會有噴發現象
- 4.粉末在單粒的情形不會噴發

(二)電漿風

在高電場下，周圍空氣會被解離成電漿態的離子，然後受到電場推動。如果這些離子被粉末吸附，則粉末會因為吸附離子的原因受電場推動被噴出去。若粉末以電漿風的方式噴發，應該會符合下列幾項特徵：

- 1.若將噴發量對施加電壓作圖，應會發現電壓和噴發量成正相關
- 2.在非極性液體中和隔絕空氣的環境下應不會有噴發現象
- 3.應可以在大氣一般成分中找到會增加噴發量的氣體
- 4.空氣中離子量會影響噴發量
- 5.單一粉末也會有噴發現象

(三)單純電斥力

若粉末本身帶上負電，則在電場下會受到逆著電力線的力，如果以一個帶負電的帶電體作為電場來源，則粉末會有遠離帶電體的噴發現象。而此噴發現象應會有以下幾項特徵：

- 1.噴發量應和電壓成正相關
- 2.粉末應該要帶負電
- 3.單一粉末會有噴發現象

總合以上的特性，我們決定設計以下實驗：

1. 觀察奶粉在不同環境溼度-電壓下的噴發量關係
2. 觀察對粉體經過不同溼度處理後的噴發量關係
3. 觀察在極低壓環境下進行噴發的噴發量
4. 觀察加入氣體(氧氣、二氧化碳)時噴發量的變化量
5. 觀察直接增加空氣離子量對噴發量的影響
6. 觀察對粉體經過離子沾附處理後的噴發量關係
7. 觀察不同粉末之噴發情形差異
8. 量測不同粉末粉末之大小、質量、電性、帶電量

參、研究設備與器材

一、研究設備

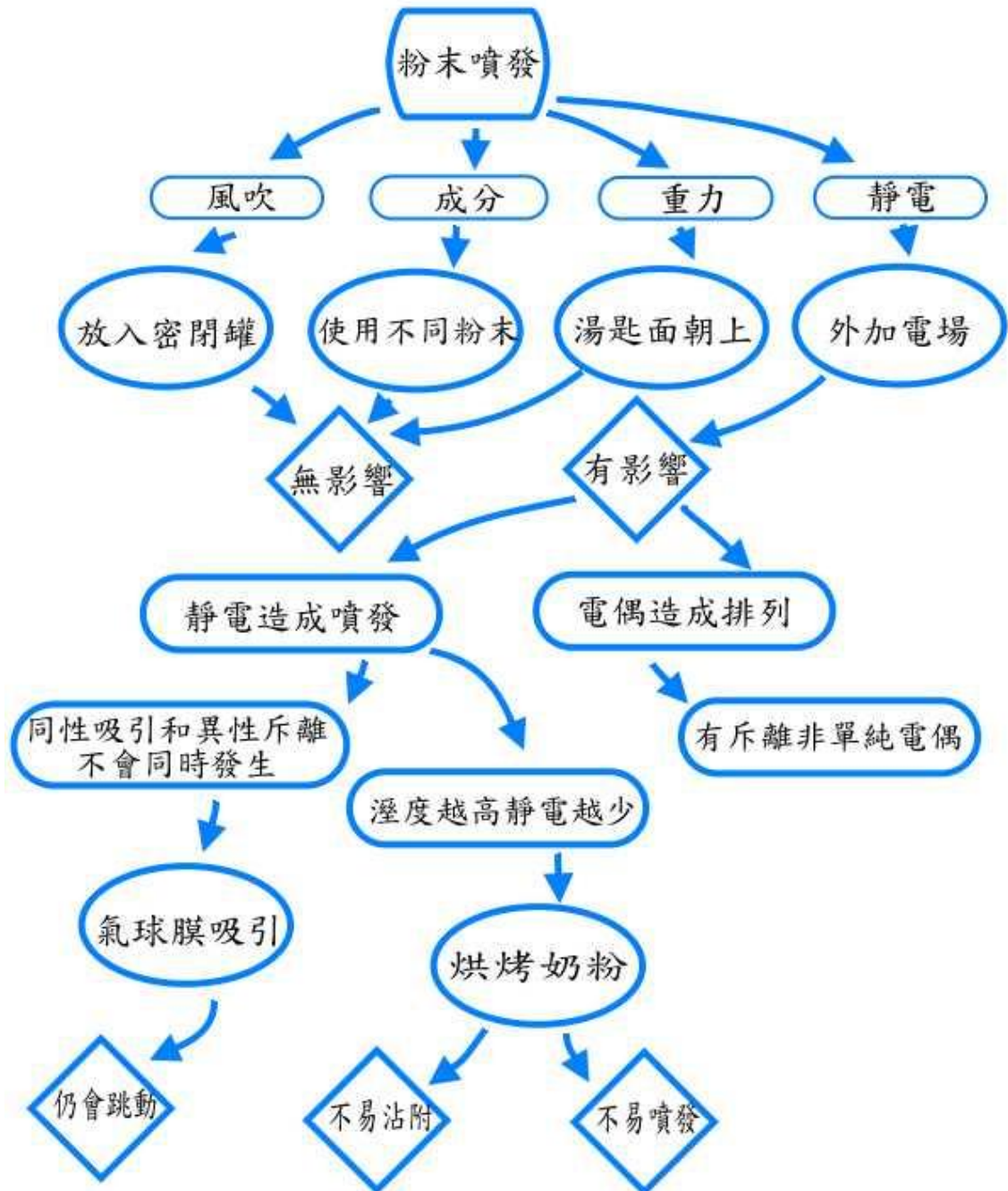
研究項目	研究設備
目的 1~目的 7	范氏起電機、解剖顯微鏡、三用電錶
目的 3	金屬櫃、吸塵器、Image J 軟體
目的 5	UVC 紫外線燈
目的 6	電漿球
目的 8	複式顯微鏡、Image J 軟體、MetaMorph 軟體

二、研究器材

研究項目	研究器材
不同粉末	太白粉、初乳粉、奶粉、胡椒粉、麵粉、可可粉、咖啡粒、阿華田、薏仁粉

肆、研究方法與過程

一、定性實驗



(一)總綱：

在發現這樣奇特的現象後，我們首先需要用定性實驗歸納出造成奶粉噴發的主因。首先我們使用日常生活可得的物品進行一系列測試，推論是靜電力造成的現象後，再針對不同的帶電方式與環境變化之影響進行分析。最後統整出以下三點最可能影響因素：

1. 粉末本身電荷
2. 環境溼度
3. 高電場下的電漿風

(二)觀察奶粉叢結型態及噴發過程

1.步驟：

- (1)用奶粉匙面摩擦奶粉堆，讓其上吸附奶粉叢。
- (2)以肉眼觀察奶粉叢結型態後，將奶粉匙置於解剖顯微鏡觀察奶粉跳動型態。
- (3)紀錄奶粉跳動型態並加以列出其運動特徵。

2.結果：

- (1)平常看似乳黃色的奶粉，在顯微鏡下其實是近乎透明的顆粒。
- (2)平常看到的一粒奶粉粒，在顯微鏡發現其實是由數粒小顆粒相黏成。
- (3)多粒奶粉膠結體會以近似鐵粉被吸附於磁鐵棒的叢狀結構排列、沾附匙面。
- (4)跳動現象通常不是單獨顆粒跳動，而是數粒膠結體一起跳動。
- (5)跳動現象通常是先緩慢自奶粉叢中突出，再加快彈跳出去。
- (6)部分奶粉在跳走後還會被吸回來貼附匙面。



(圖 1) 顯微鏡下奶粉顆粒



(圖 2) 奶粉匙上奶粉叢結

3. 討論：

(1) 由結果-(2)可推測奶粉粒極易潮解而膠結在一起

(2) 由結果-(3)可推測奶粉可能因所帶電荷相同而有尾端相斥離的叢狀結構

(3) 由結果-(4)可推測膠結後的奶粉並不容易分離

(4) 由結果-(5)可得到兩點推論：

a. 粉粒與粉粒間有沾附力，且這種沾附力可能隨著粉粒間接觸面積變小，距離拉長而減弱。

b. 粉粒所受到的斥力可能隨著與匙面(或相鄰粉粒)距離越遠而增強。

(5) 由結果-(6)可推論粉末所受的斥力可能隨著距離增加而減弱，進而感應出相對應的吸引力而被吸回匙面。

(三) 找出粉末主要噴發的原因

1. 步驟一：

(1) 用奶粉匙面摩擦奶粉堆，讓其上吸附奶粉叢。

(2) 將湯匙之奶粉叢面朝上，放於密閉罐內。

(3)肉眼觀察並紀錄奶粉跳動情形。

2.步驟二：

(1)用奶粉匙面摩擦奶粉堆，讓其上吸附奶粉叢。

(2)將摩擦後的塑膠尺和布，分別接近奶粉叢，觀察其跳動現象之變化。

(3)紀錄兩種相反電性之帶電體接近時，奶粉的跳動模式之改變。

3.結果：

(1)將奶粉匙面朝上，發現奶粉仍有跳動情形。

(2)將奶粉匙置於密閉罐內，發現奶粉仍有跳動情形。

(3)以塑膠尺接近時，發現跳動現象趨緩；反之，以布接近時，發現噴發較強。



(圖 3) 密閉罐中奶粉匙



(圖 4) 朝上奶粉匙

4.討論：

(1)由結果-(1)可推論重力可能非奶粉跳動主因

(2)由結果-(2)可推論空氣擾動可能非奶粉跳動主因

(3)由結果-(3)可推論靜電應是奶粉跳動主因

(四)探討奶粉帶上靜電荷的成因

1.步驟一：

- (1)用奶粉匙面摩擦奶粉堆，讓其上吸附奶粉叢。
- (2)以奶粉匙摩擦頭髮使其帶上負電，再將少量奶粉直接倒在帶電的匙面。
- (3)分別觀察兩種方式下的噴發情形。

2.步驟二：

- (1)以吹飽的汽球摩擦頭髮後，吸引少許奶粉於其上。
- (2)以平面的氣球膜摩擦頭髮後，吸引少許奶粉於其上。
- (3)分別觀察兩種方式下的奶粉是否有噴發的現象。

3.結果：

- (1)實驗一中，兩種方法奶粉皆會噴發，肉眼觀測發現兩者噴發情況差不多。



(圖 5) 奶粉噴發 A



(圖 6) 奶粉噴發 B



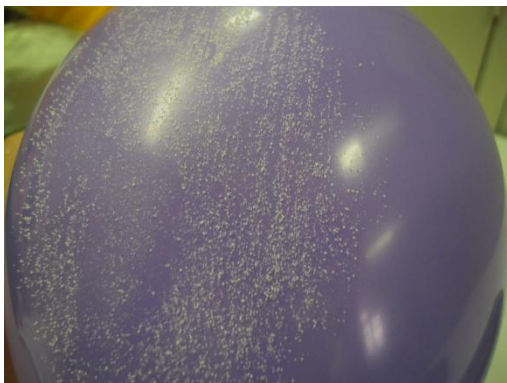
(圖 7) 奶粉噴發 C



(圖 8) 奶粉噴發 D

(2)實驗二中，被帶電氣球吸引的奶粉中，極少數仍有噴發的情形。

(3)實驗二中，氣球球面的彈跳情形比平面氣球膜稍多一些。



(圖 9) 氣球吸附奶粉



(圖 10) 氣球膜吸附奶粉

4. 討論：

(1)由結果-(1)可推論，奶粉所帶的電主要並不來自於與湯匙摩擦的過程。

(2)由結果-(2)可推論，少數奶粉的帶電量似乎在接近帶著高電壓的氣球表面後，會有所改變。

(3)由討論-(1)及討論-(2)可推論，奶粉可能是由以下兩種途徑帶上電荷：

a.奶粉製造過程或運輸過程中，經由與外界物質摩擦而帶電。

b.奶粉在接近高電場下的表面時帶上較多的電荷。

(五)找出環境對奶粉噴發的影響：

1.實驗一、二源起闡述：

購買全新奶粉後發現沒什麼噴發現象，靜置兩週後，卻突然發現有噴發的現象了。我們猜測這兩週的過程中奶粉可能稍微受潮，進而造成噴發的現象，於是開始探討溼度對噴發的影響。

2.實驗一：

(1)在一張黑紙上畫一條基準線，旁邊放一支尺。

(2)以塑膠刮片刮取奶粉後放置於基準線上，以相機紀錄結果。

(3)同上，在刮取後以口對奶粉呵口氣，以相機紀錄結果。



(圖 11) 溼度定性實驗

3.實驗二：

(1)將奶粉置鐵盤上平鋪，放入烘碗機裡烘烤 40 分鐘。

(2)烘烤後取出放到碗裡，立刻拿湯匙刮三下。

(3)另一碗中裝著沒烘乾的奶粉，用洗淨吹乾的同支湯匙刮三下。

(4)比較兩碗奶粉跳動的差異。



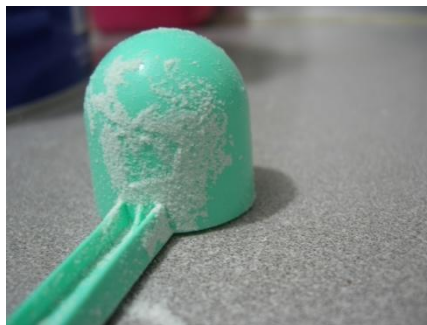
(圖 12) 烘烤結果



(圖 13) 未烘烤結果

4. 實驗三源起闡述：

經過觀察發現待在奶粉罐中較久的奶粉匙面上，會有一層受潮的奶粉膜。且發現有奶粉膜的湯匙所摩擦出的奶粉噴發遠比乾淨湯匙明顯，故探討湯匙表面潮溼度對噴發的影響。



(圖 14) 奶粉匙面沾附

5. 實驗三：

(1)取出一支在用了一半的奶粉罐裡的奶粉匙，刮罐中奶粉三下。

(2)將本湯匙洗淨吹乾後，刮同罐中奶粉三下。

(3)比較兩次實驗奶粉跳動現象的差異。

6.結果：

(1)呵過氣的奶粉幾乎不會跳動

(2)以表面有潮濕奶粉膜的奶粉匙摩擦奶粉，產生的叢結以及噴發現象較明顯。

(3)烘烤後的奶粉幾乎不會有沾附叢結的現象，更不會噴發。

7.討論：

(1)由結果-(1)可推論，呵過氣的奶粉可能因下列兩項因素導致噴發減弱：

a.水氣中和掉奶粉的電荷

b.水氣造成奶粉顆粒間的沾附力大於電斥力

(2)由結果-2 可推論，奶粉於匙面的叢結主要並不是因為受到電荷吸引，而可

能因水氣的沾附力拉起較多的粉，進而因同性電相斥排列所造成。

(3)由結果-3 可推論，奶粉過於乾燥因不容易沾附而不容易噴發。

(六)找出高電場下空氣變化對奶粉的噴發之影響機制

1.實驗一：

(1)以一條電線連接高壓尖端，並點燃香。

(2)將高壓尖端接近香的燃頭，觀察其煙的流向以及燃燒現象之改變。

2.實驗二：

(1)以一條電線連接高壓尖端，並將其接近桌面的奶粉堆。

(2)比較電線接近前後，奶粉堆的變化。

3.結果一(請見附錄影片 2)：



(圖 15) 未施加電場



(圖 16) 施加電場

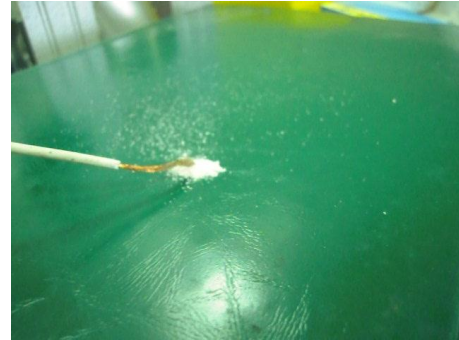
(1)高壓尖端接近燃頭，煙會有偏向甚至被吹散的現象。

(2)高壓尖端接近燃頭，燃燒現象明顯強烈許多。

4.結果二(請見附錄影片 3)：



(圖 17) 未施加電場



(圖 18) 施加電場



(圖 19) 未施加電場結果



(圖 20) 施加電場結果

(1)當電線接近時，奶粉會有高速噴離的現象

(2)比較電線接近前後的奶粉堆，可明顯發現電線接近後的奶粉分佈範圍變廣。

3.討論：

(1)由結果一—(1)可推論，高壓尖端上的確有電漿風的產生。

(2)由結果一—(2)可推論，高壓尖端可能因下列兩因素而使燃燒現象旺盛：

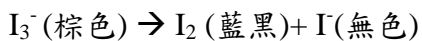
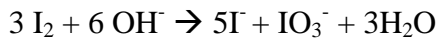
a.高電場解離出空氣離子噴向燃頭使其更易燃燒。

b.高電場推動所解離的空氣離子造成氣流，使新鮮空氣噴向噴向燃頭。

(3)由結果二可推論，奶粉可能因電漿風而噴離。

(七)利用碘液檢測電漿風中臭氧之存在

1.源起闡述：由參考資料可知，氧負離子溶於水溶於水產生氫氧根，會產生以下反應



所以當電漿風中存在臭氧時，將其通入碘液，便可使碘液由棕色轉為透明。

2.步驟

(1)以滴管取稀釋後碘液約十滴，滴於白色塑膠板上

(2)將范氏起電機連接一條電線，並將電線頭置於液滴之上

(3)開起范氏起電機，並靜置直到液滴顏色明顯變淡(約 20 分鐘)

(4)取相同數量之碘液置於白色塑膠板上，並靜置 20 分鐘作為對照組。

(5)比較兩組液滴之顏色差異。

3.結果



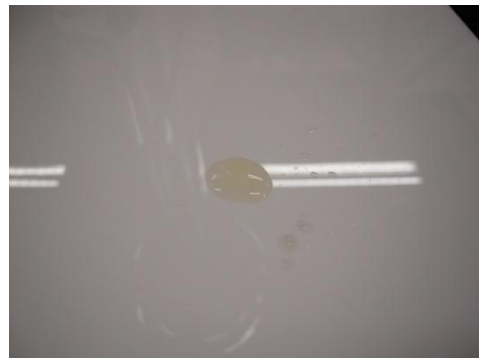
對照組-初



對照組-末



實驗組-初



實驗組-末

(1)同樣經過 20 分鐘，以高壓電線端接近的實驗組顏色明顯較對照組淡。

(2)對照組靜置 20 分鐘後，顏色也有稍微轉淡的趨勢。

4. 討論

(1)由結果-(1)可推論，由高壓電線端釋出的電漿風中應含有臭氧或其他氧負離子，藉由使水溶液轉為鹼性而使碘液褪色。

(2)由結果-(2)可推論，碘液暴露在空氣中可能因氧化或光照而些微褪色。

(八)探討庫倫爆炸及單純電斥力的可能性

1. 庫倫爆炸

(1)源起闡述：庫倫爆炸成立的條件為：噴發須有其他粉粒之參與，非單一奶粉

可以達成。如此當溼氣聚集過多同電性粉末時，才會因電斥力超過結合力而爆炸。故若粉末在單粒時也可噴發，則庫倫爆炸可能並非噴發主因。

(2)步驟：

- a.以金屬針挑取單粒粉末，置於高電壓端^註上。
- b.開啟范氏起電機^註，觀察粉末之運動狀態並紀錄。
- c.重複步驟 a~步驟 b 三~五次。

(3)結果(單粒粉末擷取照片模糊，請見附錄影片 4)：

每次測試奶粉皆有噴發，不過各顆粒噴發之電壓不一定相同。

(4)討論：

由結果可推論，因經過多次檢測皆發現奶粉有單粒噴發之現象，庫倫爆炸可能並非奶粉噴發之主要因素。

2.單純電斥力

(1)源起闡述：

- a.金屬粉末由於是導體，較易帶上正電或呈電中性。單純電斥力成立的條件為：粉末必須帶上負電。如此才會被負電高壓端斥離。若金屬粉末也會噴發，則單純電斥力可能並非噴發主因。
- b.若隔絕空氣粉末仍噴發，代表空氣對噴發影響不大，則單純電斥力可能為噴發主因。

(2)實驗一：

- a.以金屬匙舀取少量鐵粉裝填於承載環^註上，將承載環置於高電壓端上。
- b.開啟范氏起電機，觀察粉末之運動狀態並紀錄。
- c.重複步驟 a~步驟 b 三~五次。

(3)實驗二：

- a.將裝填好的各種粉末(含鐵粉)置於液內噴發罐^註中，再置於高壓尖端上。
- b.開啟范氏起電機，觀察粉末之運動狀態並紀錄。
- c.重複步驟 a~步驟 b 三~五次。

(4)結果(鐵粉噴發與液內噴發擷取照片模糊，請見附錄影片 5)：

- a.每次測試鐵粉皆有噴發，且噴發量極大。
- b.大多數在空氣中會噴發的粉末，於液內也有噴發現象，但鐵粉並無此現象。

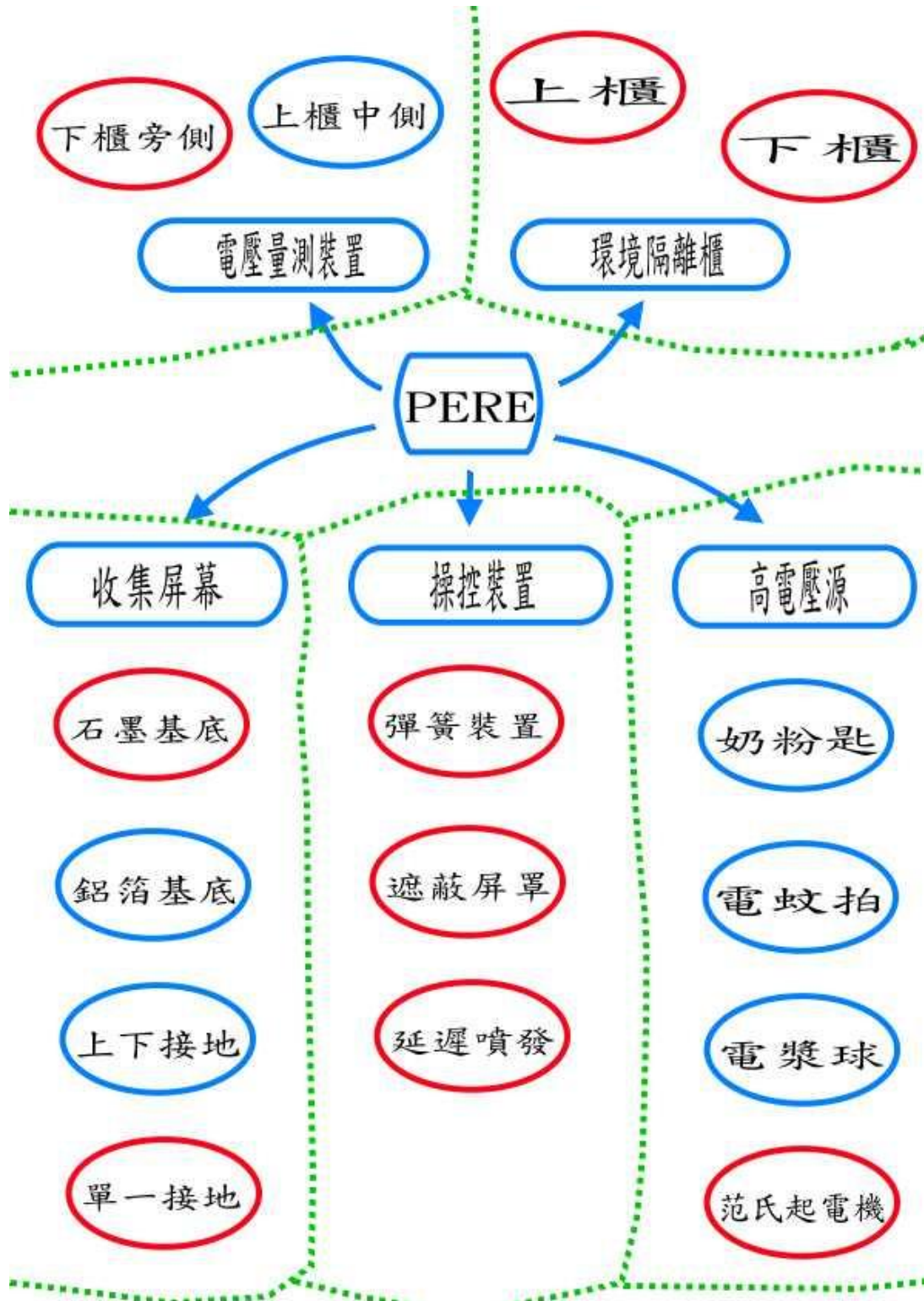
(5)討論：

- a.由結果-a 可推論，鐵粉極可能在高電壓端上獲得額外負電荷，進而噴發。
- b.由結果-b 可推論，大多數粉末可能原已因某途徑攜帶電荷，但鐵粉原本應不帶電荷，而可能在空氣中高電場下才會因某途徑攜帶電荷。
- c.由討論 a、討論 b 可推論，單純電斥力與電漿風皆可能為噴發主因。

*註：各項儀器請參照「二、儀器設計與操作方式」之各項詳細介紹。


二、儀器設計與操作方式

(一)自製粉末噴發研究裝置(Powder Explosion Research Equipment, 簡稱 PERE)

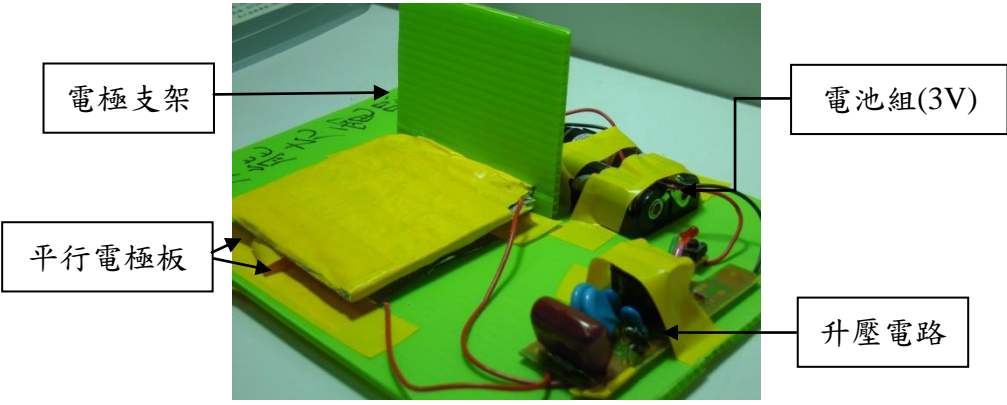
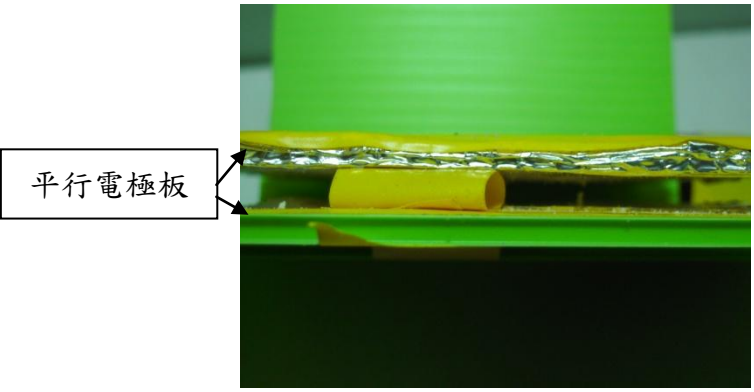


1.高電壓源

(1)奶粉匙摩擦

說明	由於最初觀測到「奶粉噴發」的環境是於一個帶有靜電的奶粉塑膠匙上，我們首先使用奶粉匙進行初步測試各種粉末。
測試方法	方法一： 以奶粉匙摩擦奶粉，再用解剖顯微鏡觀察及其結構及噴發過程 方法二： 以奶粉匙摩擦其他種粉末並加以觀察
結果暨討論	結果一： 奶粉會以叢狀結構排列，且明顯有噴發現象 討論一： 以手摩擦起電並無法得知其電場大小，且每次摩擦電場不一定接近 結果二： 並非每種粉末都能沾附且噴發 討論二： 粉末無法沾附便無法實驗，不適用
相關照片	 <p>(圖 21) 奶粉匙作為電場</p>

(2)電蚊拍

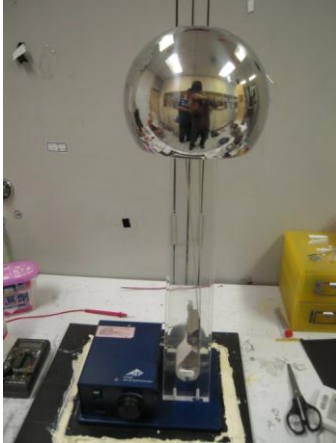


說明	電蚊拍的電容裝置可以累積到數千伏的高電壓，且此電壓是穩定的
測試方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 從電蚊拍中取出其電路，兩極接上平行電極板 2. 將奶粉置於電極板間，一邊調整距離一邊觀測奶粉顆粒受到的影響
結果暨討論	<p>結果：</p> <p>調到約 5mm 後，粉末才有彈跳的情形發生。</p> <p>討論：</p> <p>因為在兩片電極板夾出的空隙很小，如此並不易操作，不適用。</p>
相關照片	 <p>(圖 22) 電蚊拍外加電場裝置</p>
相關照片	 <p>(圖 23) 平行電極板</p>

(3)電漿球


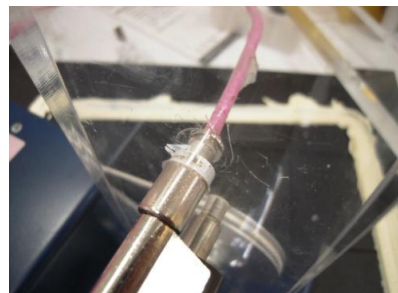

說明	電漿球中央的高壓負電端可蓄到近一萬伏的高壓，且此電壓是穩定的。我們從電漿球中取出高壓端，此裝置只需要單極就可以產生極強的電場，不會有操作空間狹小的問題
測試方法	<p>方法一：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 將此負電端接近奶粉堆 2. 觀察奶粉顆粒所受到的影響 <p>方法二：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 將少量奶粉灑上高壓端 2. 觀察奶粉顆粒所受到的影響
結果暨討論	<p>結果一：</p> <p>奶粉至多受感應起電被吸引到高壓端上，並不會有噴發情形。</p> <p>結果二：</p> <p>奶粉沾附於高壓端且無噴發情形。</p> <p>討論一：</p> <p>由於電漿球之高壓端為交流電，無法造成粉末噴發，因此不適用。</p> <p>討論二：</p> <p>由於電漿球的升壓電路容易過熱，不適用。</p>
相關照片	<div data-bbox="406 1120 1129 1489" style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>高壓尖端</p> <p>升壓器</p> <p>開關</p> </div>  </div> <p style="text-align: center;">(圖 24) 電漿球電路</p> <div data-bbox="644 1585 1129 1951" style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">(圖 25) 高壓尖端吸引奶粉</p>

(4)范氏起電機(簡稱 VDF)

a.噴發源

說明	<p>范氏起電機的設計是一個皮帶轉動裝置加上一顆的半圓中空金屬球。皮帶轉動時摩擦起電，並攜帶電荷至金屬球上儲存起來，產生數萬伏特以上的高電壓。</p>
測試方法	<p>方法一： 直接將奶粉灑上帶電的金屬球面</p> <p>方法二： 1. 取一片鋁箔，捲起成條狀後端點朝上固定於金屬球上 2. 將奶粉倒於其上，比較奶粉的跳動情況之改變。</p>
結果暨討論	<p>結果一： 有跳動的現象</p> <p>討論一： 范氏起電機的電壓可由一個可變電阻調整馬達轉速而得，易於調控。</p> <p>結果二： 明顯發現噴發情形有增強許多。</p> <p>討論二： 以尖端作為噴發源非常適合</p>
相關照片	<div style="text-align: center;">  <p>(圖 26) 范氏起電機(全身)</p> </div>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 27) 球面上奶粉</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 28) 球面外接尖端上奶粉</p> </div> </div>

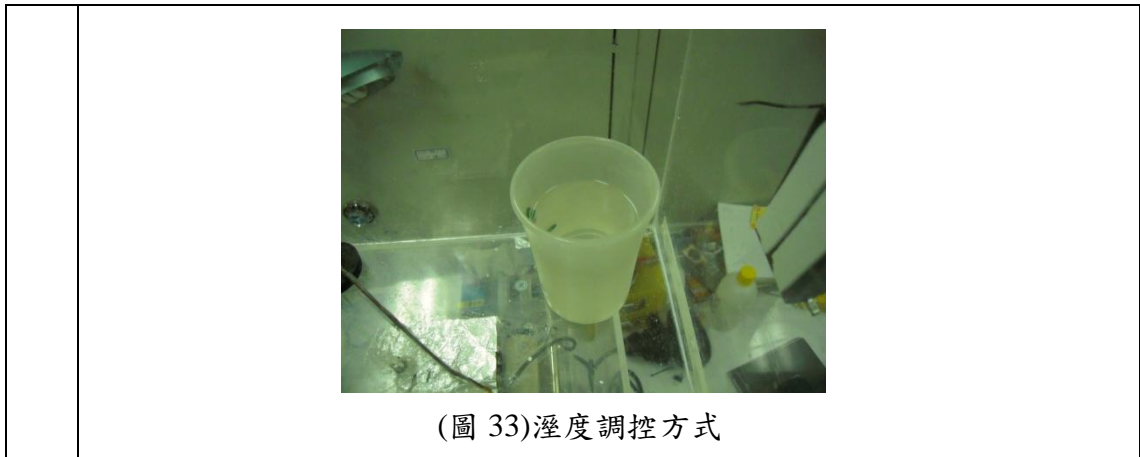
b.穩定電壓

說明	說明一： 由於充入靜電的金屬球會不斷的對週遭氣體放電，以三用電錶量測其球體表面的電壓值並不穩定。
	說明二： 台灣的天氣型態一般偏潮濕，由於大量的靜電荷流失，供應皮帶電荷的金屬板很快就會失去其效用，而導致電壓下降，不符合「穩定供應」的要求。
設計與製作	方法一： 1. 在金屬球外層包上一層保鮮膜。 2. 以膠帶全面固定住。
	方法二： 以一個金屬桿連結電器接地線以及皮帶供電金屬板。
結果暨討論	結果一： 量測出來的跳動範圍減小至 10(20mV)。 討論一： 以絕緣材質包裹金屬球，對於減低電荷外漏有顯著效果。
	結果二： 電壓可提升不少，且不會隨著時間衰減。 討論二： 將金屬板接地能維持其電位，而使皮帶帶電情況穩定。
相關照片	 <p>(圖 29)金屬球外包保鮮膜</p>
	 <p>(圖 30)金屬板接地</p>  <p>(圖 31)接地線</p>

3.環境隔離櫃


a.上櫃

說明	<p>為了隔絕外界不穩定的環境，我們另外為粉末噴發環境訂製一個壓克力櫃(簡稱：上櫃)。本壓克力櫃底部有一小孔使高壓尖端通過，但其中的空氣並不與下櫃流通。另外，上櫃中也置有一個溫濕度計以監測內部環境變化。溫度部分，我們主要以實驗室內冷氣調控維持穩定，而一般實驗室的溼度都維持在 55%-65%之間，而我們實驗溼度範圍是在 30%-70%之間，所以必須要有升高和降低溼度的方式。</p>	
設計與製作	<p>升高溼度</p>	<p>方法一：以口吹入水氣 方法二：以內裝熱水的噴霧器注入水氣 方法三：使用容器裝取熱水以產生水氣</p>
	<p>降低溼度</p>	<p>方法一：用吹風機吹入乾燥風 方法二：以除濕劑吸收水氣 方法三：容器中裝冰+鹽，降低溫度使水氣凝結於容器壁上</p>
結果暨討論	<p>升高溼度</p>	<p>結果一：提升效果不顯著 結果二：提升效果顯著 結果三：提升效果顯著 討論：由於噴霧器之金屬噴嘴可能使水氣帶電，以容器裝熱水可能較適用</p>
	<p>降低溼度</p>	<p>結果一：乾燥效果佳，但溫度容易升高 結果二：乾燥速度慢 結果三：乾燥效果佳，且溫度變動少(約下降 20%降低 1°C) 討論：以冷劑降低溼度應是最佳選擇</p>
相關照片	<div style="text-align: center;"> <p>(圖 32)上櫃</p> </div>	

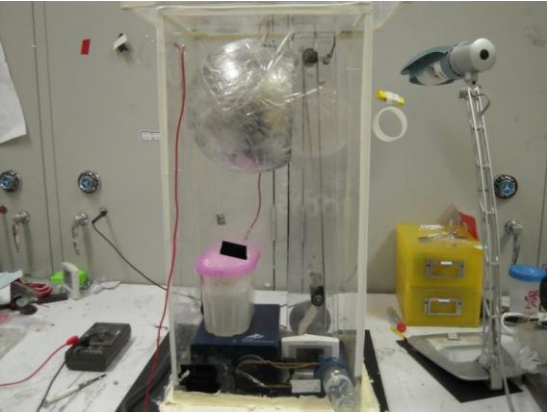


b. 下櫃


(b-1) 下櫃金屬球擺放設計

說明	<p>考慮下櫃的製作成本，我們將金屬球由皮帶上方轉移到皮帶旁側，並調整高度使其上緣低於皮帶傳動裝置頂部，如此一來，便能設計一個頂部內側為平面而非曲面的下櫃。</p>
設計與製作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用一條鋁箔接通集電環及金屬球內部導電棒。 2. 將金屬球之開口轉向皮帶方向，以膠帶固定於皮帶旁側。 3. 取一較長的鋁箔，一端以圓罩方式緊蓋於金屬球左側頂端，另一端接上一根鐵釘。
結果暨討論	<p>結果： 改變金屬球位置後，帶電情形並未改變。</p> <p>討論： 調整後使下櫃的訂製更容易。</p>
相關照片	 <p>(圖 34)下櫃+金屬球</p>

(b-2)下櫃環境控制

說明	因為金屬球上靜電荷及皮帶的帶電能力皆會受到環境的溼度影響，我們必須隔絕范氏起電機與外界空氣的接觸，並隨時調控內部環境因子至一個標準範圍內。
設計與製作	訂製一個壓克力櫃(簡稱：下櫃)以置入范氏起電機，放入除濕劑以及溫溼度計後，以犀利康密填下櫃與桌面的縫隙。
結果暨討論	結果： 只要將內部空氣維持在約 30~40%的低濕度，范氏起電機能維持正常運作很長一段時間。 討論： 下櫃的密閉性使儀器供應電壓穩定，適用。
相關照片	 <p>(圖 35)下櫃全</p>

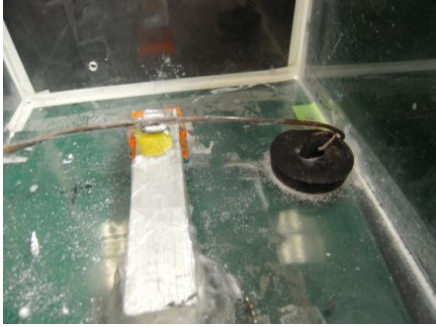
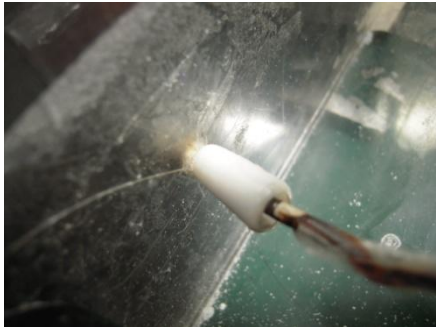
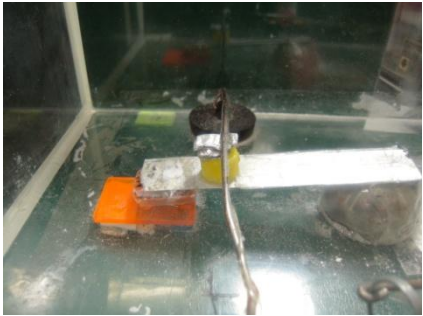
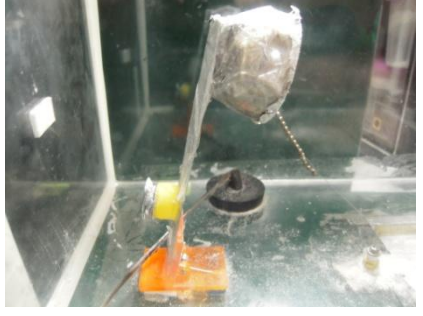
3. 電壓量測裝置

說明	由於范氏起電機所產生的電壓可高達十萬伏特，量測上需要特別的靜電測量計。由於我們無法借到相關的測量儀器，便改用三用電錶偵測。
設計與製作	第一代：將三用電表的負極線固定於上櫃的內壁旁側，並將正極線接地。 第二代：將三用電錶的負極線固定於金屬球左側頂端的下櫃壁上維持約1cm，並將正極線接地。
結果暨討論	<p>結果一： 所量測出的電壓雖然穩定，但易受上櫃溼度影響測量值。</p> <p>結果二： 固定偵測端後，每次轉到相同的轉速時所測量出的電壓十分接近。</p> <p>討論： 第二代可行，若需要實際電壓可再換算。</p>
相關照片	 <p>(圖 36)第一代偵測端</p>
	 <p>(圖 37)下櫃偵測端</p>  <p>(圖 38)三用電錶</p>

4. 操控裝置




(1) 彈簧裝置

說明	<p>考量到易操作且靈敏的要求，我們採用「彈簧裝置」的概念：製作裝置部分，我們取用一般的塑膠文書夾。文書夾內部本身有一個彈力極強的彈簧，只是平常都被兩片塑膠板限制住，只要用工具將部份塑膠板切除，便可以讓彈簧有近 90°的活動空間，如此一來，開關方面的距離就可以拉遠，以避免高壓電下絕緣破壞現象發生。</p>
設計與製作	<ol style="list-style-type: none">1. 取用一般的塑膠文書夾，再用工具將單面塑膠板切除，使彈簧有近 90°的活動空間。2. 剪取一段鋁尺，將其尾端以三秒膠固定於文書夾上剪除後的塑膠板上。3. 將文書夾未被剪除的塑膠板以三秒膠固定於上櫃底部。4. 另取一個家用排水孔塞，將其鐵環朝上，橡膠底部以三秒膠黏於文書夾側。5. 剪取一段衣架用的鐵條，以工具使其一端彎曲成環並和排水孔塞的鐵環串聯；另一端則套上一個塑膠套。6. 將文書夾壓平使鋁尺平行於上櫃底部，並垂直輕放鐵條於其上。紀錄鐵條在鋁尺末端上的接觸點，以及鐵條末端塑膠套對上櫃側面底部的接觸點。7. 取一片鋁箔塊以三秒膠固定於鐵條在鋁尺末端上的接觸點上，調整鋁箔塊厚度至鐵條壓平時恰可將鋁尺完全壓平。8. 使用電鑽於鐵條末端塑膠套對上櫃側面底部的接觸點上鑽一個洞，其口徑恰可讓塑膠套嵌入。
操作方法	<p>操作時用手將彈簧壓上，再改用鐵桿固定住彈簧的位置並插入小洞，接著便可用工具直接從小洞把鐵桿戳入，使其失去抗力而被彈簧彈起，開始一次噴發。</p>
結果暨討論	<p>結果： 彈力裝置的反應速度非常快，且易於操控。</p> <p>討論： 彈力裝置可運用於「開啟」以及「結束」兩個裝置的動力源。</p>

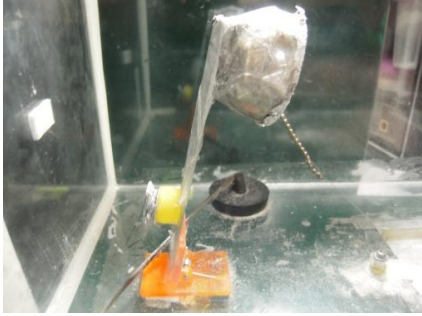

相 關 照 片		
	(圖 39)彈力裝置圖	(圖 40) 鐵條末端塑膠套
		
	(圖 41) 彈力裝置關閉	(圖 42) 彈力裝置開啟

(2)開關屏罩設計


說 明	<p>由於本裝置產生的高電壓極易使絕緣物質產生絕緣破壞的現象，一般小型的開關無法有效的阻絕其電流的通過，並不適用。</p> <p>我們以一個相反的概念去設計開關裝置：在高壓尖端週遭以金屬導體密閉，如此內部電場為0，便不會有噴發現象；反之當我們移除這個金屬導體，高壓尖端上的電場就會回復而開始噴發。</p> <p>而若再結合減少粉末在噴發前受到外界環境的影響，我們嘗試採用一個半圓型金屬罩做密閉的動作。</p>
設 計 與 製 作	<p>第一代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 取用一片西卡紙條，彎曲成環之後完全包覆一層鋁箔，只留一開口形成金屬環形蓋。 2. 取一小段髮夾固定在環型蓋緣並露出一小截。 3. 在環形蓋外表面上貼滿膠帶。 4. 將此蓋口朝外固定於鋁尺末端 <p>第二代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 取一不銹鋼杯，將其杯腳移除。 2. 用一小片鋁箔貼住杯口，並輕壓鋁箔使其向內凹陷至深度恰可容高壓尖端完全沒入，再以膠帶將鋁箔固定。 3. 取一小段髮夾固定在環型蓋緣並露出一小截。

		<p>4. 在杯身外表面上貼滿膠帶。 將此蓋口朝外固定於鋁尺末端</p>
	關閉裝置	<p>1. 將一個面積塑膠板加鋁箔紙環黏在相同的文書夾上 2. 固定整個裝置在上櫃的垂直近身面，以相同開啟裝置的鐵條構造固定。 3. 當噴發開始計時到 5 秒時將鐵條戳入，上有金屬環的塑膠板便會直接壓在粉末承載環上結束噴發。</p>
結果暨討論	開啟裝置	<p>結果一： 有效阻隔奶粉最初的噴發，但因髮夾的外露無法完全密閉。 討論一： 此環形蓋形狀並不平滑，且外包鋁箔易受損，不佳。</p>
	開啟裝置	<p>結果二： 有效阻隔奶粉最初的噴發，但因髮夾的外露無法完全密閉。 討論二： 此金屬罩外表平滑且不易受損，適用。</p>
	關閉裝置	<p>結果： 能快速的阻斷噴發。 討論： 雖然這樣的方式易造成下櫃底部粉末殘留，但因其操作方便且可完全阻斷噴發，仍適用。</p>
相關照片		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 41) 第一代屏罩</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 42) 第二代屏罩</p> </div> </div>
		<div style="text-align: center;">  <p>(圖 43) 關閉裝置</p> </div>

(3)延後噴發設計

說明	<p>除了密閉性的問題，我們在操作中也發現常常會有一些粉末出現在屏罩中，便猜測這是因為粉末在彈簧尚未完全開啟前便噴發的結果。會出現這樣現象主要因為原本的髮夾接通方法只要遠離底部鋁箔便會斷電，此時屏罩會瞬間感應出大量正電荷吸引奶粉。要解決這樣的問題最有效的方法就是延遲噴發時間。</p>
設計與製作	<p>第一代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 移除髮夾，改採用一條銅線接在屏罩上。 2. 取一片鋁箔平貼在高壓尖端底側，並用一小條鋁箔連結高壓尖端與鋁箔面。 3. 用一支削半的塑膠筆管貼在鋁箔面作為銅線的軌道。 4. 調整好銅線的長度，使屏罩遠離高壓端後才斷電。 <p>第二代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 同方法一的步驟 1~4，只是以小鐵珠鍊取代銅線。 2. 用一小段尼龍線綁於鐵鍊末端，並使棉線在彈簧開啟時能穿過塑膠筆管。 3. 對準塑膠筆管棉線出口端對應到上櫃側面底部的點，以電鑽鑽一洞讓尼龍線能通過。 4. 在棉線上綁一小塊長度大於上櫃側面小洞口徑的積木。
原理	<p>金屬導體線將在屏罩開啟瞬間至開啟完全的時段內，短暫的維持其電位。如此一來，便能有效的降低粉末噴向屏罩的可能性。</p>
結果暨討論	<p>結果一：</p> <p>效果良好，出現在屏罩中的粉末大量減少。</p> <p>討論一：</p> <p>銅線有彈性，故直接從筆管一端塞入銅線並不容易。</p> <p>結果二：</p> <p>效果良好，出現在屏罩中的粉末大量減少。</p> <p>討論二：</p> <p>能輕易透過尼龍繩調控鐵鍊的進出，非常方便。</p>
相關照片	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 44) 延遲噴發裝置</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 45) 延遲噴發軌道</p> </div> </div>

5. 粉末承載環

說明	<p>考量到電場隨著距離平方遞減，加上高壓尖端本身極小的表面積侷限，粉末承載裝置每次的樣品取量必然極少且分佈厚度極薄；再顧慮到粉末噴發效率以及裝置穩定性的問題，我們計畫設計出的粉末承載裝置符合以下條件：底部和高壓尖端切合、底部需有高導電率以及環形容器壁絕緣。</p>				
設計與製作	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="336 477 406 672">底部材料</td> <td data-bbox="406 477 1402 672"> <p>首先觀察高壓尖端鐵釘頂端略為弧面的樣貌，我們測試了一種金屬軟釘的釘帽。此釘帽頂面平滑而底面內凹形成一可切合高壓尖端的弧面，且經過測試發現其導電率頗高，基於上述決定採用此釘帽作為承載裝置底部。</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="336 672 406 1104">容器壁</td> <td data-bbox="406 672 1402 1104"> <p>第一代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 鋁箔包裹小紙環製成的小金屬環。 2. 將金屬環以三秒膠固定在釘帽上。 3. 裝入粉末並置於高壓尖端上測試。 <p>第二代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 取出一支原子筆中的塑膠筆管。 2. 以燒熱的刀片切割下一平整的薄環(內徑 0.32cm, 高 2mm)。 3. 以三秒膠固定薄環於釘帽上。 4. 接著裝入粉末測試噴發。 </td> </tr> </table>	底部材料	<p>首先觀察高壓尖端鐵釘頂端略為弧面的樣貌，我們測試了一種金屬軟釘的釘帽。此釘帽頂面平滑而底面內凹形成一可切合高壓尖端的弧面，且經過測試發現其導電率頗高，基於上述決定採用此釘帽作為承載裝置底部。</p>	容器壁	<p>第一代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 鋁箔包裹小紙環製成的小金屬環。 2. 將金屬環以三秒膠固定在釘帽上。 3. 裝入粉末並置於高壓尖端上測試。 <p>第二代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 取出一支原子筆中的塑膠筆管。 2. 以燒熱的刀片切割下一平整的薄環(內徑 0.32cm, 高 2mm)。 3. 以三秒膠固定薄環於釘帽上。 4. 接著裝入粉末測試噴發。
底部材料	<p>首先觀察高壓尖端鐵釘頂端略為弧面的樣貌，我們測試了一種金屬軟釘的釘帽。此釘帽頂面平滑而底面內凹形成一可切合高壓尖端的弧面，且經過測試發現其導電率頗高，基於上述決定採用此釘帽作為承載裝置底部。</p>				
容器壁	<p>第一代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 鋁箔包裹小紙環製成的小金屬環。 2. 將金屬環以三秒膠固定在釘帽上。 3. 裝入粉末並置於高壓尖端上測試。 <p>第二代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 取出一支原子筆中的塑膠筆管。 2. 以燒熱的刀片切割下一平整的薄環(內徑 0.32cm, 高 2mm)。 3. 以三秒膠固定薄環於釘帽上。 4. 接著裝入粉末測試噴發。 				
結果暨討論	<p>結果一：</p> <p>噴發不明顯。</p> <p>討論一：</p> <p>由於金屬環本身會從高壓尖端獲取電荷，使相對低處的中央凹槽電場減弱，粉末幾乎無法明顯噴發。</p> <p>結果二：</p> <p>效果較金屬環佳，粉末明顯噴發。</p> <p>討論二：</p> <p>塑膠環相對於金屬環較不容易導電，如此粉末所受鉛直方向的電場增強，噴發效果自然較明顯，適用。</p>				
相關照片	<div style="text-align: center;">  <p>(圖 46) 承載環</p> </div>				


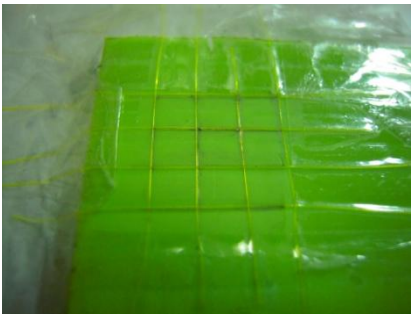
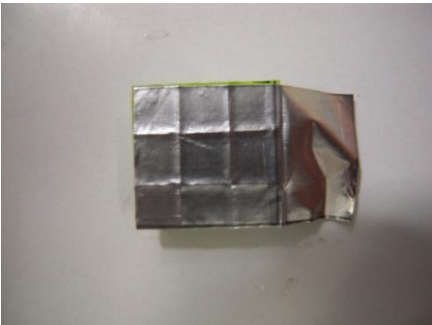
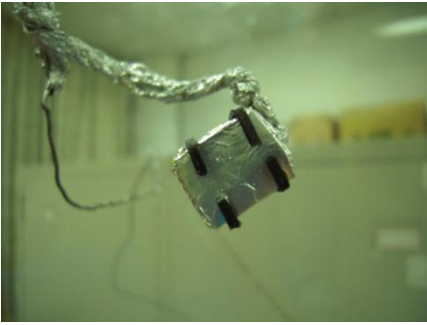
6. 屏幕設計

(1) 總綱

為了收集並量化放置於高壓尖端的承載環所噴出之粉末，我們使用屏幕收集並計數的方式進行，其中屏幕的設計必須以固定位置、容易更換、易於觀察、減少對噴發之影響為原則，並且分為基底片、收集、固定和接地四大部分。我們採用以下設計並經過幾次的改良。

(2) 第一代

說明	最初步的設計，考慮粉末大小必須使用複式顯微鏡觀察，因此選擇複式顯微鏡下可以分別出粉類和基底且易塑型的鋁箔作為基底片。壓 3*3 的格子是為了輔助計數過程中不致於重複數到同一顆粉末，而固定部分為了讓實驗過程流暢，採用卡榫式的設計。
設計	基底片： 使用一塊大小約 3cm*3cm 的塑膠板作為基底，連接金屬條。
	收集： 1. 以塑膠板為主體，裁切成 1.2cm 乘 1.2cm 大小的正方形，然後裁切 1.2cm 乘 2.4cm 大小的鋁箔。 2. 用釣魚線製成的模具壓出 3*3 的格子，每格大小為 0.4cm 乘 0.4cm，黏貼在基底片主體上作為收集用，露出的部分作為接地使用。
	固定： 使用髮夾作出形狀合適的支撐，可將屏幕置於其上，如圖。將支撐黏於上櫃的金屬條上，完成固定。
	接地： 將多出的鋁箔接觸在金屬條上，在金屬條上接地。
結果暨討論	結果一： 可以收集到噴發之粉末並放於複式顯微鏡下觀察。 結果二： 鋁箔容易加工失誤，屏幕鋁箔部分大小不一，容易超出塑膠版。 結果三： 卡榫設計如果卡太緊會在取下時損失一部分粉末。 結果四： 顯微鏡下鋁箔的凹陷和突起容易誤認為粉末。 結果五：

	<p>實驗過程大致流暢。 (討論合併於下一代之說明)</p>
相關照片	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(圖 47) 塑膠底板</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(圖 48) 壓線模具</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(圖 49) 屏幕成品</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(圖 50) 卡楯式裝置</p> </div> </div>

c. 第二代

說明	<p>基於上一代的缺點改良，這一代將基底板的塑膠部份長寬增加 0.1 公分，讓鋁箔能夠完全黏於塑膠板上，而最大之改變則在於固定，這代採取類似抽屜的設計，如圖。因為沒有想到更好的觀察方式，因此決定繼續使用複式顯微鏡觀察。</p>
設計	<p>基底片: 同上一代，以塑膠板為主體,但是裁切大小改成 1.3cm 乘 1.3cm，向兩邊分別增加了 0.1cm。</p>
	<p>收集: 和上一代完全相同。</p>
	<p>固定: 如圖說明，在基底片上加上另一塊塑膠板，在塑膠板的洞上貼上髮夾，然後將整個裝置包上鋁箔連接金屬條以接地。</p>
	<p>接地: 將收集多出的部分用一另外接線到金屬條上接地，稱為上下接地。</p>

<p>結果暨討論</p>	<p>結果一： 可以收集到噴發之粉末並放於複式顯微鏡下觀察。</p> <p>結果二： 鋁箔加工失誤情形減少，大部分屏幕皆堪用。</p> <p>結果三： 抽屜設計確實減少粉末損失，但是缺點是位置容易移動。</p> <p>結果四： 改變接地方式沒有看到明顯的噴發量改變，但是有無接地噴發量比較，有接地較少。</p>
<p>相關照片</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 51) 抽屜式裝置(俯視)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 52) 抽屜式裝置(側視)</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>(圖 53) 接地</p> </div>

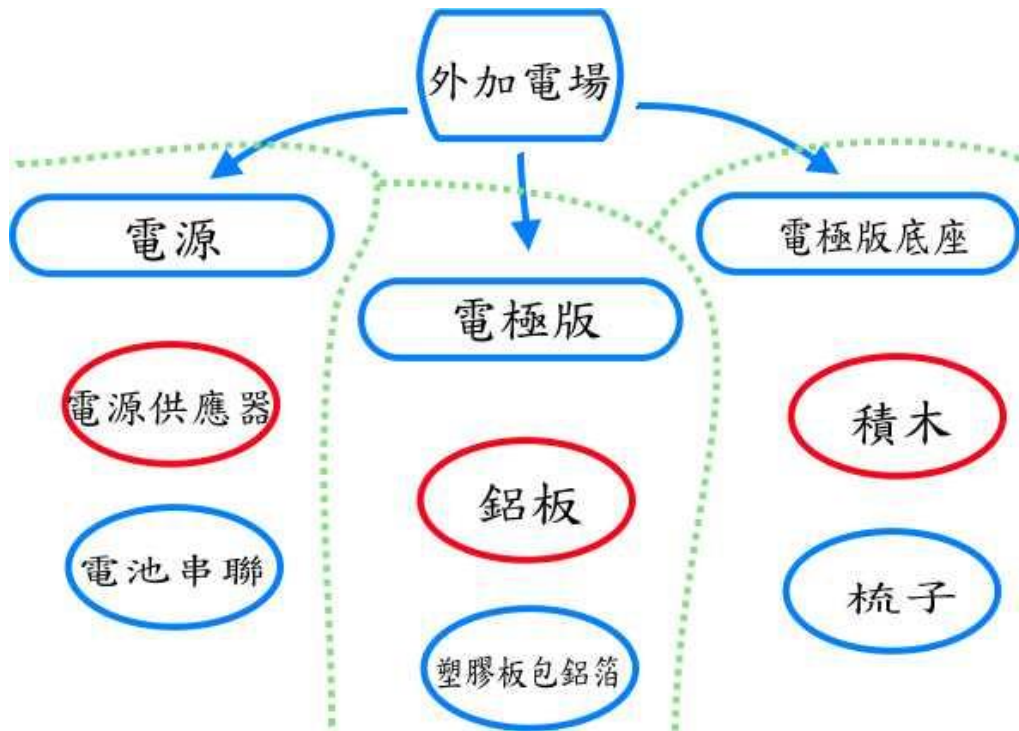
d. 第三代

<p>說明</p>	<p>改良前兩代因在複式顯微鏡下觀察產生的缺點，這一代使用石墨噴劑處理屏幕，兼顧導電性(接地)以及造成粉末和底板之間的對比。因此可以改用較高倍率之解剖顯微鏡觀察，解決粉末容易誤判的缺點。另外這代屏幕只要以丙酮清洗過就可以再次加工使用，非常方便。另外在接地步粉也有改變，使用新設計，如圖。</p>
<p>設計</p>	<p>基底片:同上一代，以塑膠片和鋁箔組合而成。</p> <p>收集:將前一代的收集上面噴上石墨噴劑而成。特點是讓整片變黑增加對比以及減少反光且兼顧導電性以便接地。</p> <p>固定:同第二代採抽屜式設計。</p> <p>接地:將多出的鋁箔接觸在金屬條上延伸出的鋁箔，然後折在一起確保兩者接觸。</p>
<p>結果暨討論</p>	<p>結果一： 可以收集到噴發之粉末並放於解剖顯微鏡下觀察，容易分辨粉末。</p> <p>結果三： 改用石墨噴劑後因為記數方式同時改變，無法將噴發量和前兩代比較。</p> <p>結果四： 改變接地方式因為結果三原因，無法比較噴發量。</p>
<p>相關照片</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 54) 石墨噴劑處理後屏幕</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 55) 安裝完成之屏幕(俯視)</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>(圖 56) 安裝完成之屏幕(側視)</p> </div>

(二)自製裝粉櫃

說明	<p>裝填粉末基本上要在一個低濕度且密閉的環境下進行，並以敲打的方式使粉末盡量裝填平整，以力求每一次使用的粉末源是均質的。</p>
設計與製作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 取一適合紙箱，用寬膠帶貼滿裡外所有表面以防水氣從紙板滲入。 2. 開口朝上，在其中一面上挖兩個雙手可穿入的洞，置入塑膠手套。 3. 剪開手套手臂處末端，撐開膠皮平貼於洞口，以膠帶貼合洞口邊緣。 4. 在洞口面的側面底部挖開一小洞，以供物品進出。 5. 從開口置入粉末罐、金屬量匙、塑膠尺、棉花棒以及一個除濕罐，蓋上三面箱蓋留下一長方形窗口，以膠帶密封此窗口，求清晰見物。
使用方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一人將雙手伸入手櫃之手套，並從旁側小洞伸出塑膠尺，待另一人將粉末承載環及塑膠蓋置於塑膠尺上，再一同拉入手櫃內部。 2. 以量匙取一點粉末置入粉末承載環，並將粉末承載環置於塑膠尺上。 3. 以量匙敲擊塑膠尺，使粉末表面平整，再以棉花棒輕刮去除塑膠環上殘粉，並蓋上塑膠蓋。 4. 裝粉者將完成裝取後的粉末承載環置於塑膠尺上從洞口推出，另一人再取走。 5. 將粉末承載環置於高壓尖端後取走塑膠蓋，再壓上屏罩開始實驗。 6. 實驗完畢，將粉末承載環送入手櫃，以棉花棒清除其中殘粉後進行下次裝取。
結果暨討論	<p>結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 經由電子秤量取結果，每次裝填的粉末重量皆極接近。另外，手櫃中的溼度幾乎維持恆定(約 40%~42%)。 2. 以非接地金屬製量匙舀取粉末較不易累積靜電，為最佳材質。 <p>討論：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 手櫃的設計使我們能在一個穩定的環境下裝填粉末，而敲擊的方式同樣也幫助我們獲得更均質的數據，適用。 2. 考量到粉末極易摩擦起電，若使用絕緣湯匙將會持續累積電荷，而金屬湯匙在累積少量電荷後，若無接地(以塑膠手套持取)便不易繼續累積，對粉末造成的靜電影響較小。
示意圖	

(三)自製外加電場裝置



1.外加電場電源

說明	為了測定從高壓尖端噴出的粉末之電性，我們嘗試在噴出的粉末周遭外加電場，以觀察其偏向情況，故必須先設計出適合的外加電場儀器。
設計與製作	第一代： 取下電蚊拍的升壓裝置，並連結上電池組。 第二代： 取下電蚊拍的升壓裝置，並連結上電源供應器。
操作方法	第一代： 更換串聯的電池數即可。 第二代： 控制電流，調整電源供應器的電壓再測試。 將升壓電路之兩極接上分壓計，以三用電表量測並換算電壓。
結果暨討論	結果一： 測試後發現，...電蚊拍升壓裝置的電容最多可容納 7.5V 的初始電壓，最少則需要 1.5V 的初始電壓才可啟動。 討論一： 若使用電池串聯的方式，應可找出粗略的噴發偏向-外加電場值的關係趨勢，唯>7.5V 後電流太大，只能取少數組數據。

結果二：

升壓後的電壓並未隨著電源供應器的初始電壓調整改變，反之；調整電流卻可提升其電壓，可藉由分壓電路量測。

討論二：

因為電壓無法順利調整，調整電流容易造成電路過載，不適用。

相
關
照
片



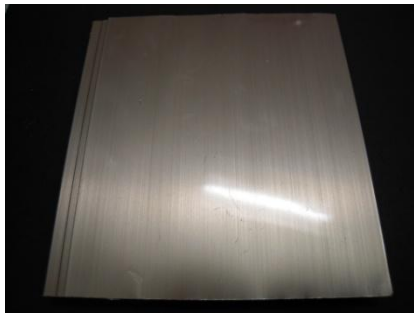



(圖 57) 電池版升壓電路



(圖 58) 電源供應器版升壓電路

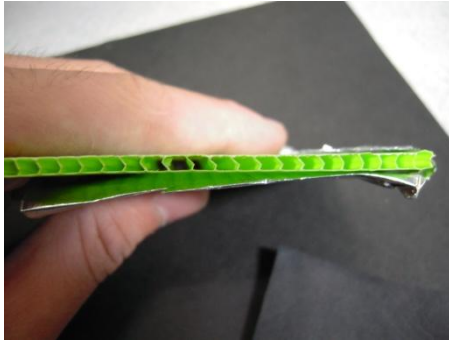
2. 外加電場電極板

說明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 要產生均勻的外加電場，電極板的平行度需要非常精準。 2. 為了方便觀測粉末的偏向程度，設計出可直接觀測粉末量的電極板。
設計與製作	<p>第一代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 取一塑膠板，裁切成 8cm×8cm 的大小，並在外部均勻包裹上鋁箔紙做為導電面。 2. 在此導電面上貼上大小相同的黑紙。
	<p>第二代：</p> <p>取兩片 12cm×11cm 的鋁板，分別在其中一面貼上 9cm×9cm 的黑紙。</p>
運作原理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 兩片金屬板只要平行放置，並接上外接電極，便能產生均勻的電場。 2. 在金屬板上貼上黑紙，當粉末被吸附於其上，能在相機的感光裝置下產生明顯的黑白反差，進而使用 Image J 分析軟體便能數出其沾附量。
結果暨討論	<p>結果一：塑膠板容易因氣溫、外力而變形，且外貼鋁箔並不平滑。</p> <p>討論一：雖然塑膠板有易裁切且質輕的優點，但基於結果一的缺點，不適用。</p>
	<p>結果二：鋁板性質穩定且表面平滑，可直接做為導體面。</p> <p>討論二：鋁板經由專業工廠加工後便可裁切成所需大小，適用。</p>
相關照片	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 59) 包鋁箔之塑膠板</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 60) 包鋁箔之塑膠板貼上黑紙</p> </div> </div>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 61) 鋁板</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 62) 貼黑紙之鋁板</p> </div> </div>

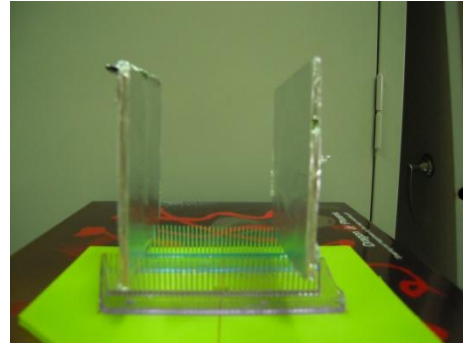
3.外加電場電極板底座

說明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本底座必須能穩定且輕易的架設電極板。 2. 本底座必須絕緣，以防電極板間電容降低。 	
設計與製作	塑膠板用底座	<ol style="list-style-type: none"> 1. 裁切一塊 14.5cm×9.5cm 塑膠板，並標訂出其二條中垂線位置。 2. 取兩支塑膠梳子，留下梳齒的部份。 3. 從中線向兩側間隔 2.5 公分，將兩段梳齒平行固定。
製作	鋁板用底座	<ol style="list-style-type: none"> 1. 裁切一塊 14.5cm×9.5cm 的塑膠板，並標訂出其二條中垂線位置。 2. 取四條 8.5 公分積木，分別兩兩相疊以三秒膠黏合。 3. 在水平中垂線旁側 2.5 公分處對稱貼上黏合積木，相隔 5 公分。 4. 再取四條等長積木，兩兩直立黏於底座積木的邊端兩側。 5. 以一條等長的積木連結中央兩條垂直積木以維持水平。
使用方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 塑膠板用底座：外包鋁箔塑膠板旁側有小孔，將其插入底座之梳齒即可固定。另外，可由插入不同距離的梳齒以調整電極板間距。 2. 鋁板用底座：可將鋁板直接嵌入兩垂直積木中的間隙中。 	
結果暨討論	<p>結果一：</p> <p>塑膠板用底座的梳齒無法黏得非常垂直，且塑膠電極板的孔也並非大小一致，難以穩定平行。</p> <p>討論一：</p> <p>由於梳齒的不穩性以及插孔方式的不實用性，本法不適用。</p> <hr/> <p>結果二：</p> <p>鋁板嵌入後非常穩定且平行，且易於嵌入及拔出。</p> <p>討論二：</p> <p>雖然本底座的電極板距離是固定的，只要調整初始電壓仍可進行分析。另外由於底座的穩定性，本法適用。</p>	

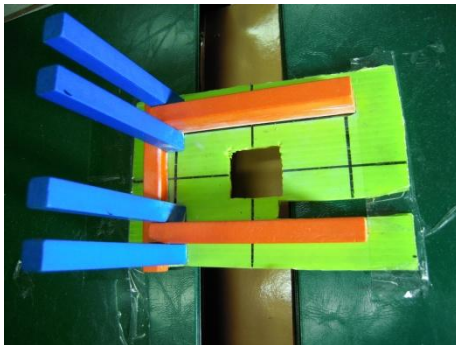
相
關
照
片



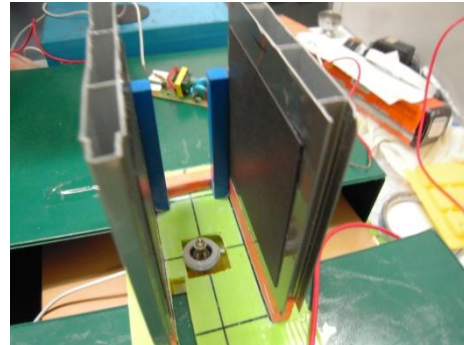
(圖 63) 塑膠板的洞



(圖 64) 梳子安裝電極板

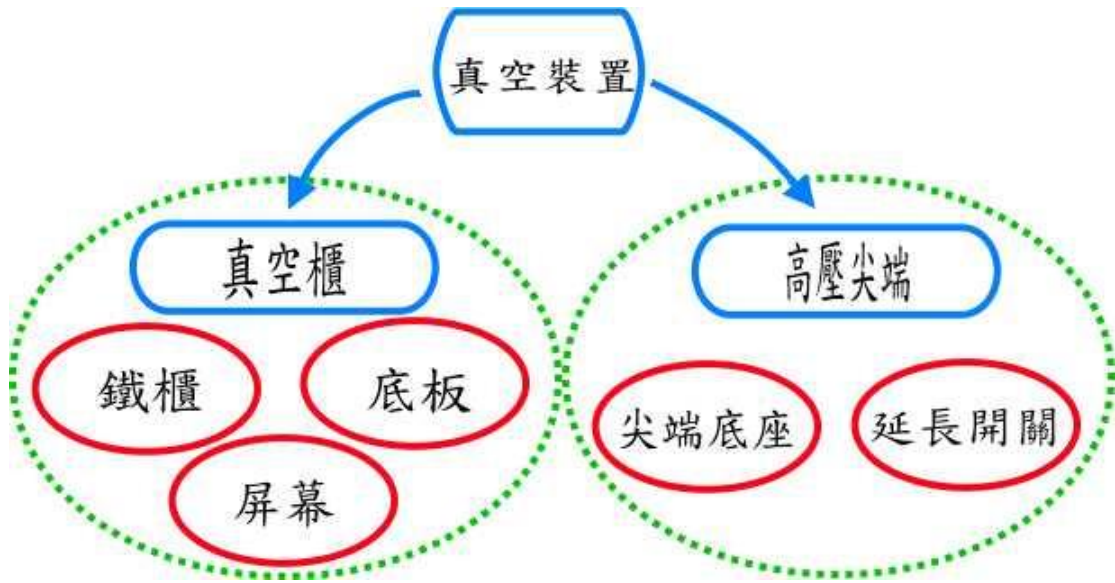


(圖 65) 積木版電極板底座



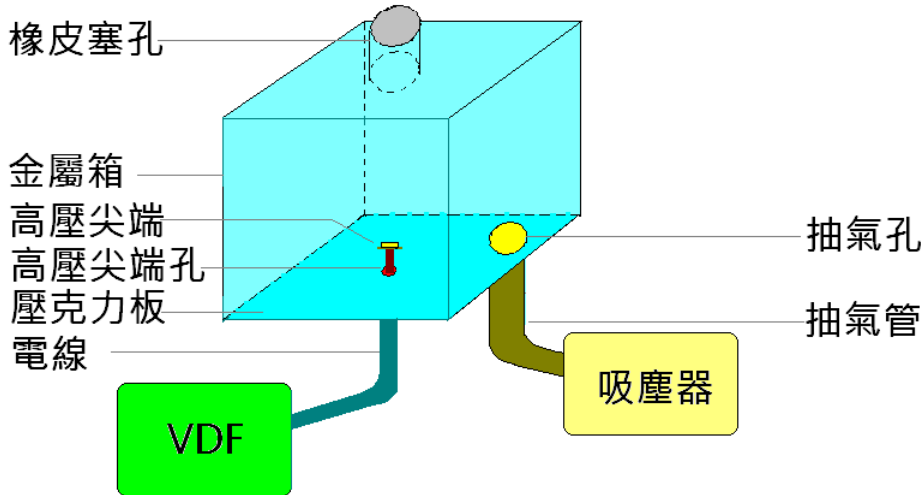

(圖 66) 裝置全圖

(四)自製真空裝置




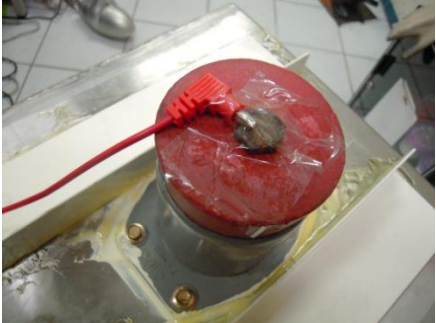


1.真空櫃

說明	<p>在內部相對低壓的情況下，容器會受到大氣壓力作用而變形。為了減少這樣的變形，我們需要一個堅固的容器壁；然而，部份容器壁又要是易於加工以達到操作需求的。於是我們採用兩種材料的複合裝置。</p>
設計與製作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 取一個底面開口，頂面有個粗膠管口的鐵箱，記錄其開口邊長以及管口徑。 2. 訂作一個尺寸恰可蓋住鐵箱開口的壓克力板，並在其中中央鑽一個可供高壓尖端進入的小洞；在壓克力板角落鑽一個恰可塞入吸塵器塑膠管口的洞。 3. 將壓克力板嵌入鐵箱開口面，再以犀利康填補接口細縫，待其風乾。 4. 取兩條鋁管切割成適當長度後，以 AB 膠平行黏於高壓尖端洞口兩側。 5. 取兩片 L 形鋁板平行黏於膠管管口兩側。
運作原理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 鐵箱本身經測試並不容易變形，而若將其一面改成易塑的壓克力板，再加上鋁條做固定，便可得到一個堅固又好加工的真空櫃。 2. 鐵櫃上部的膠管可放入屏幕，然其周圍的鐵皮在低壓下會微幅下沉，我們以鋁板加強之。 3. 壓克力板中央的小洞用來插置高壓尖端，而旁側的吸塵器孔可插入吸塵器的塑膠管，用來吸走箱內空氣。

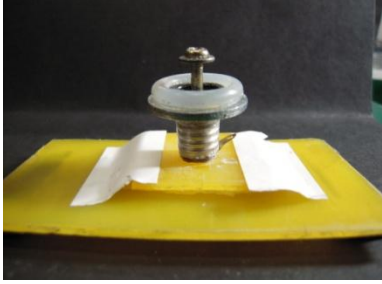
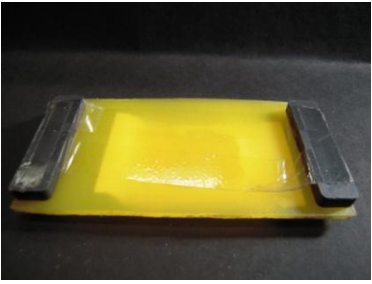
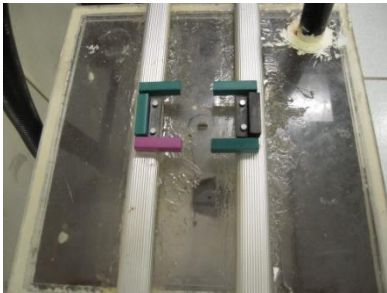
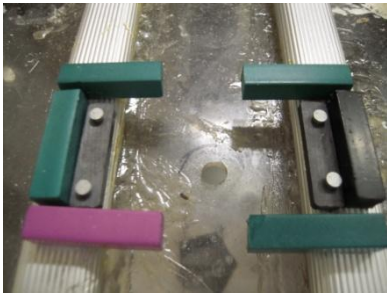
<p>結果暨討論</p>	<p>結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 低壓時容器壁並不會有明顯的形變。 2. 以犀利康填補的縫隙無漏氣現象，可維持容器中低氣壓。 <p>討論：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 若低壓時容器壁形變，屏幕對高壓尖端的距離也會隨之改變，造成數據誤差。但我們製造出堅固的容器，可減低誤差，適用。 2. 低氣壓下犀利康的強度仍夠，作為防漏氣膠十分適用。
<p>示意圖</p>	
<p>相關照片</p>	 <p>(圖 67) 真空裝置全圖</p>

2. 屏幕

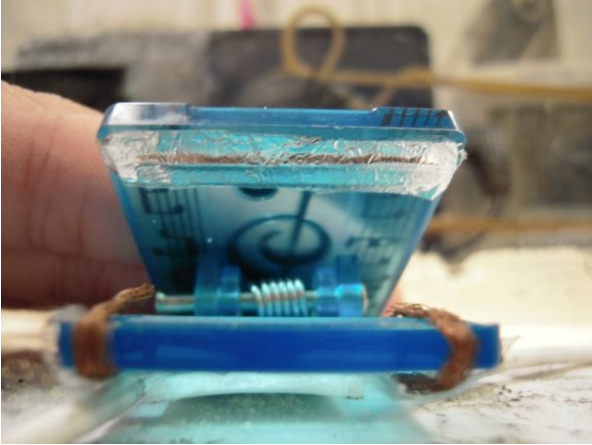
說明	有別於 PERE 的小屏幕，我們為了能觀測到較明顯差距，決定增加屏幕面積。而此屏幕需要能輕易的安裝於真空櫃上，且易於量測其噴發量。
設計與製作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 取一恰可塞入鐵箱膠管管口的橡皮塞，穿入一根金屬釘至釘帽恰貼平頂面。 2. 剪取一塊圓形黑卡紙(半徑 3cm)，並在其中一面中央貼上雙面膠，使黑卡紙能固定在金屬桿上。
使用方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將完成好的屏幕直接蓋上真空櫃的膠管，即完成安裝。 2. 將噴發後的黑卡紙照相，再以 Image J 軟體計數。
結果暨討論	<p>結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 我們發現沒接地的噴發量比較少。 2. 由於橡皮塞有彈性，無法每次塞入的位置皆相同。 3. 在環境控制得宜下，Image J 的分析十分精準。 <p>討論：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 接地後電場增強，噴發量較多。 2. 若能尋找比橡皮塞更好的屏幕材料，所取數據應該更佳。 3. Image J 有分析方便的優點，唯其對底板反光也多少有感應，操作上要特別注意此誤差。
相關照片	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(圖 68) 屏幕全</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(圖 69) 屏幕近照</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(圖 70) 橡皮塞</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(圖 71) 安裝後屏幕</p> </div> </div>

3.高壓尖端底座

說明	<p>通常用來做為防漏膠的材料都有彈性，故若我們直接將防漏膠安置在高壓尖端與壓克力板小洞的間隙中，當內部低壓時，尖端整體應會有往上擠壓的情況發生。若能製作出一個自動固定且對防漏膠施予壓力的高壓尖端底座，相信對數據的可信度會有幫助。</p>	
設計與製作	高壓尖端底座	<ol style="list-style-type: none"> 1. 取一小燈泡座，底部墊上一些鋁箔並放入一個高壓尖端，以三秒膠固定尖端在燈泡座內的位置。 2. 取一個金屬墊片以三秒膠固定在高壓尖端原有墊片正下方，再取一個防漏膠環固定在此金屬墊片上。 3. 取一片塑膠板，裁切成適當大小使其可平放於黏於壓克力板的兩鋁管上。 4. 在塑膠板中央以保麗龍膠黏上幾塊同樣的塑膠板用以墊高。 5. 將製作好的燈泡座以保麗龍膠固定於塑膠板中央墊高處。 6. 取另外兩塊同樣的長條磁鐵，以雙面膠及膠帶固定於塑膠板另一面的兩側。
	壓克力底座	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將安裝好的高壓尖端插入壓克力櫃底孔，調至中央位置。 2. 取四條長度兩兩相同的積木，緊密的排列於高壓尖端底板四周，形成一長方形區塊。 3. 以 AB 膠固定四條積木後取出高壓尖端底板。 4. 在長方形框的兩個短邊上以 AB 膠黏上兩長條磁鐵，電性與高壓尖端底板的相異，以相互吸引。
使用方法	<p>將裝取好的粉末承載環置於高壓尖端後，小心的插入壓克力底孔並調整底板位置至恰可嵌入長方形區域內，並使底板之磁鐵和壓克力板之磁鐵相互吸引。</p>	
結果暨討論	<p>結果： 操作起來雖然有一點不方便，不過本裝置可穩定高壓尖端的位置。</p> <p>討論： 當底板之磁鐵和壓克力板之磁鐵相互吸引，防漏膠便會受力。如此一來，其低壓時的形變就不會太大了。再結合位置穩定的優點，本裝置十分適用。</p>	

相關照片	高壓尖端底板	 <p>(圖 72) 高壓尖端底板(正)</p>	 <p>(圖 73) 高壓尖端底板(反)</p>
	壓克力底座	 <p>(圖 74) 壓克力底座(全)</p>	 <p>(圖 75) 固定裝置</p>

4. 延長開關

說明	延長自 PERE 高壓線路時，由於無上櫃中彈簧開關裝置，若要控制噴發時間，須另製類似的開關。
設計與製作	<ol style="list-style-type: none">1. 取一塑膠文書夾，在同一面上黏二電線。2. 一電線連接至上櫃高壓尖端；另一電線連接外部高壓尖端。3. 在電線另一面上黏一條鋁箔。
使用方法	<ol style="list-style-type: none">1. 壓開開關-斷路。2. 閉合開關-通路。
結果暨討論	結果：操作方便且可有效阻斷高電壓。 討論：用於真空裝置及外加電場裝置。
相關照片	 <p>(圖 76) 延長開關</p>

(五)自製液內運動研究裝置

1.液內噴發測試罐

說明	要測試電漿風對於粉末噴發的影響性，除了改變空氣成份外，也可將空氣這個因素排除。其中一個方法是使用將粉末浸泡於低黏滯係數之非極性液體中，再測試其噴發情形。
設計與製作	<ol style="list-style-type: none">1. 取一透明塑膠瓶，將螺旋瓶口切除並於切口邊緣纏上鐵弗龍帶。2. 於此塑膠瓶底部邊緣以電鑽鑽一小洞，以供注入正己烷液體。3. 取一小藥罐的軟膠蓋，以電鑽於正中央鑽一小洞，再將粉末承載環開口端朝軟膠蓋內側塞入洞口，使承載環筆管薄片完全沒入膠蓋中，留下金屬端於外。
使用方法	<ol style="list-style-type: none">1. 將粉末填裝入承載環，並於塑膠瓶中注入適量正己烷液體。2. 盡量保持軟膠蓋內側朝上，將塑膠瓶口塞入軟膠蓋內，於此過程中使正己烷液體漸漸覆蓋住粉末而不造成粉末流失。3. 當塑膠瓶口完全塞入軟膠蓋後，以軟膠蓋為底，將其中央粉末承載環之釘帽部份置高壓尖端上，保持塑膠瓶身穩定。4. 開啟 VDF，觀察液內粉末的運動情形並紀錄。
結果暨討論	結果： 裝置運作良好，且我們觀測到大部分粉末在液內仍有噴發的情形。 討論： 依據電漿風理論，若排除空氣粉末便不會噴發，故本裝置可定性測試各種粉末的可能噴發原因。

相關照片



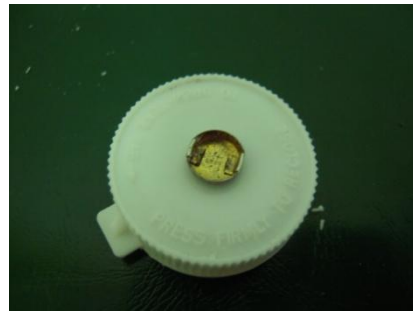
(圖 77) 液內噴發罐(正)



(圖 78) 液內噴發罐(反)

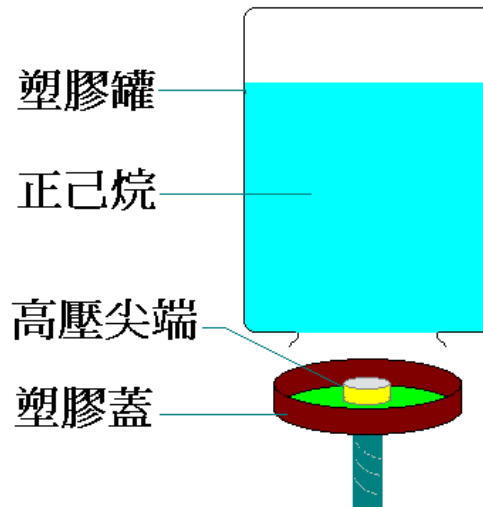


(圖 79) 承載環於塑膠蓋(正)



(圖 80) 承載環於塑膠蓋(反)

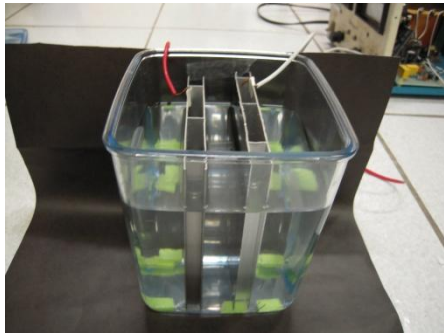
示意圖



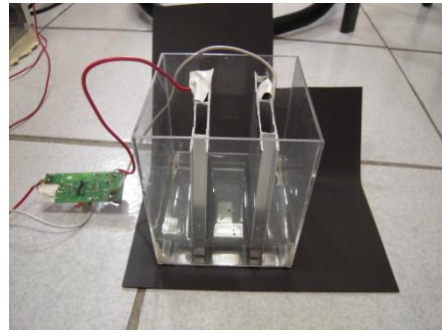
2.正己烷電泳

說明	<p>為了了解粉末的帶電性以及帶電量，我們將粉末置於平行電極板中，觀察其運動軌跡再進行分析。經測試發現，在空氣中粉末運動速度過快，使數位相機所拍出的影片不易擷取分析，於是我們考慮降低粉末的運動速度，便嘗試將整個外加電場裝置泡入非極性溶液中，進行紀錄。</p>
設計與製作	<p>第一代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.取一塊塑膠板，將兩片鋁板平行相隔 5cm 用三秒膠固定於上。 2.取一個塑膠盒，將固定好的鋁板放入。 3.注入正己烷，直到液面恰切齊鋁板頂端為止。 4.將外加電場升壓裝置的兩極分接兩鋁板，接點處以電火布固定。
	<p>第二代：</p> <p>將塑膠盒改為訂製一個 10cm×10cm×12.5cm 的壓克力盒，其餘步驟同第一代。</p>
	<p>說明：為了一次取少量粉末以利分析，我們決定以細針裝置取粉。</p>
	<p>第一代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 將原子筆中的塑膠筆管取出，點燃丙酮加熱筆管。 2. 待筆管融化，以金屬針輕挑起融化端使其成細針狀。 3. 將筆管靜置待其冷卻，便得到塑膠針。 <p>第二代：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 取一玻璃管，雙手握住兩端以瓦斯槍加熱其中段。 2. 待玻璃管燒融後，雙手用力一拉，便可將中段拉成絲狀。 3. 將玻璃管靜置待其冷卻，便得到玻璃針。
測試方法	<p>方法一：</p> <p>觀察相機在紀錄不同容器內的粉末時之畫質優劣。</p> <p>方法二：</p> <p>比較兩種取粉針的取粉效果，以量少者且易於取粉放粉者為佳。</p>
結果暨討論	<p>結果一：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 塑膠盒和壓力盒所拍出的畫質沒有太大的差異。 2. 塑膠盒接觸正己烷過久會產生明顯裂痕，壓克力盒無此問題。 <p>討論一：</p> <p>雖然兩者畫質差異不大，但明顯壓克力盒的耐用度較高，較適用。</p>
	<p>結果二：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 塑膠針和玻璃針取粉放粉皆十分容易。 2. 玻璃針的尖端仍較塑膠針為細一點，故取粉量較少。 <p>討論二：</p> <p>雖然塑膠針的製作較為容易，但以取粉效果判定玻璃針仍較適用。</p>

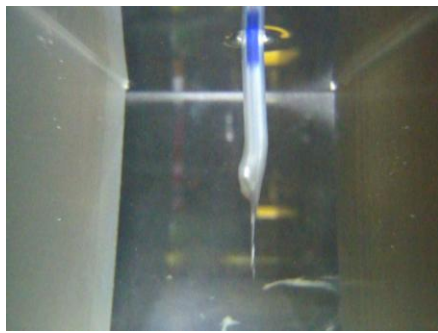
相
關
照
片



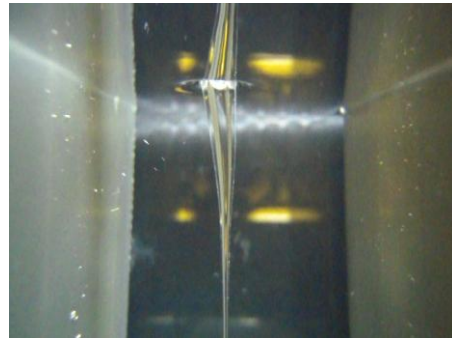
(圖 81) 塑膠盒版電泳裝置



(圖 82) 壓克力盒版電泳裝置

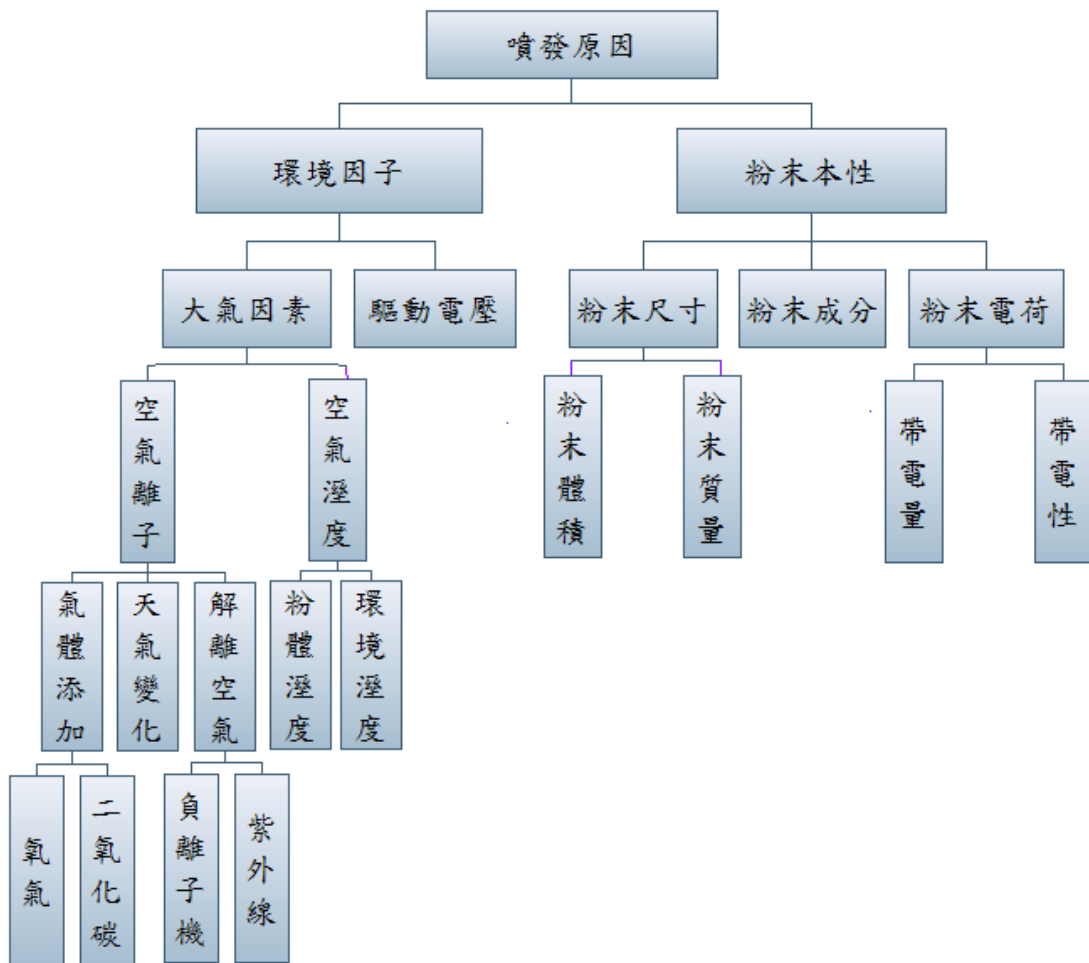


(圖 83) 塑膠取粉針



(圖 84) 玻璃取粉針

三、定量實驗



(一)觀察奶粉在不同溼度環境下，溼度-電壓下的噴發量關係

1.總綱

為了得知環境溼度和電壓對噴發量的影響，我們用PERE進行溼度和電壓之間的關係實驗，另外為了顧及實驗的流暢度，我們只取大略的溼度間隔，而非恰好RH40%、RH50%、RH60%以及RH70%。

2.實驗步驟：

(1)調整上櫃溼度至43%(23.6°C)、53%(23.1°C)、60%(23.3°C)、71%(23.9°C)

(2)將裝填好的粉末承載環置於高壓尖端上，並蓋上屏罩以及上櫃蓋子。

(3)調整電壓至4.0、6.0、8.0、10.0、12.0、14.0、16.0(Volt)*，噴發五秒後取下屏幕。

(4)重複步驟(3)，各組皆噴發五片。

(5)將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

(二)觀察對粉體經過不同溼度處理後，溼度-電壓噴發量關係

1.總綱

在目的一中我們探討環境溼度在粉末噴發過程中的影響，本目的則在於了解粉體吸收溼氣對其噴發量之影響。其中又分為吸溼量較大的「粉體溼度培育」以及吸溼量小且侷限於粉體表面的「延後噴發」兩項實驗作探討。

2.實驗一：溼度培育

(1)粉體溼度培育步驟

a.取四罐中藥罐，各裝填約半滿的奶粉並分別標記40%、50%、60%、70%。

- b.將中藥罐送入手櫃中，調整手櫃溼度至相對應的 40%、50%、60%、70%。
- c.封閉手櫃，將罐中奶粉倒於塑膠盤上，以量匙推平其表面並分布均勻。
- d.培育 10 分鐘，每隔兩分鐘以量匙攪拌奶粉使其均勻吸收外界溼氣。
- e.將塑膠盤內的粉末裝填回中藥罐中，培育完成。

(2)實驗步驟

- a.調整手櫃溼度至 RH43%，分別將不同溼度培育的中藥罐放入。
- b.將裝填好的粉末承載環置於高壓尖端上，並蓋上屏罩以及上櫃蓋子。
- c.調整電壓至 4.0、6.0、8.0、10.0、12.0、14.0、16.0(Volt)*，噴發五秒後取下屏幕。
- d.重複步驟 a.~步驟 c.，各組皆噴發五片。
- e.將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

附註*：文中 4.0 其實是 3.0~5.0，其餘類推。

3.實驗二：延遲噴發

- (1)將裝填好的粉末承載環置於高壓尖端上，並蓋上屏罩以及上櫃蓋子。
- (2)靜待 0 秒~35 秒，每隔 5 秒為一組，再加上 40 秒、50 秒、60 秒三組。
- (3)調整上櫃至 RH50%，以電壓約 9.0~11.0(Volt)，噴發五秒後取下屏幕。
- (4)重複步驟 1~步驟 3，調整上櫃至 RH60%，而噴發組別少 RH60%一組。
- (5)將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

4.粉體吸濕曲線對照：

- (1)待環境溼度至 RH61%和 RH57%時，裝填約 10g 奶粉於壓克力盒中。
- (2)使奶粉平鋪於壓克力盒底部，放入溼度計，蓋上保鮮膜封口。
- (3)紀錄溫度和溼度隨時間的變化。

(三)觀察在極低氣壓環境下進行噴發的噴發量

1.總綱

為了探討空氣對奶粉噴發量的影響，其中一個方法便是減少空氣量。我們使用家用吸塵器作為真空馬達，並嘗試創造一個低氣壓的噴發環境，以比較在不同氣壓下粉末的噴發情況。

2.實驗步驟

(1)對照組

- a.將裝填好奶粉的粉末承載環置於高壓尖端底板上，再固定於鐵櫃底座。
- b.將延長開關之兩端電線分別接於上櫃的高壓尖端以及高壓尖端底板上。
- c.塞入屏幕，並將連結於鐵桿的電線接地。
- d.壓開延長開關，並調整電壓至約 9.0~11.0(volt)。
- e.閉合延長開關，噴發五秒後取下屏幕。
- f.重複步驟 a.~步驟 d.，皆噴發五片。
- g.將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

(2)實驗組

- a.同對照組之步驟 a~步驟 d，準備噴發。
- b.開啟吸塵器，再閉合延長開關，噴發五秒後取下屏幕。

c.重複步驟 a.到步驟 b.，皆噴發五片。

d.將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

(四)觀察加入氣體(氧氣、二氧化碳)時噴發量的變化量

1.總綱

定性實驗中我們推論空氣中的負離子流可能會影響粉末的噴發。並在文獻中發現氧氣容易形成臭氧負離子。因此我們採用添加氧氣以及二氧化碳兩種氣體作為比較。而另外由目的(六)推論粉體溼度 70%之奶粉對離子吸附能力最好，故本實驗氧氣部份採用粉體溼度 70%的奶粉。

2.添加氧氣

(1)對照組

a.將裝填好粉體溼度 70%粉末的承載環置於高壓尖端，蓋上屏罩及上櫃蓋子。

b.靜待 15 秒後，再繼續步驟 c.。

c.調整上櫃至 RH53%，以電壓約 9.0~11.0(Volt)，噴發五秒後取下屏幕。

d.重複步驟 a.~步驟 c.，各組皆噴發五片。

e.將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

(2)實驗組

a.將裝填好的粉末承載環置於高壓尖端上，並蓋上屏罩以及上櫃蓋子。

b.分別將氧氣筒節流閥調整至刻度 1、2、3、4、5，經由一裝水塑膠罐對上櫃注氣 10 秒。



c.調整上櫃至 RH53%，以電壓約 9.0~11.0(Volt)，噴發五秒後取下屏幕。

d.重複步驟 a.~步驟 c.，各組皆噴發五片。

e.將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

2.添加二氧化碳

(1)儀器說明

說明	使用乾冰放入水中作為二氧化碳源有個問題-過冷的空氣使水氣凝結成霧狀，隨著二氧化碳一起注入上櫃會提高溼度。為了解決本問題，必須想辦法乾燥二氧化碳氣體。
設計與製作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分別把兩個化學藥劑塑膠瓶的底部切開。 2. 倒入適量氯化鈣顆粒和衛生紙碎屑。 3. 將兩個底部以適當深度相套入，以膠帶固定瓶底。 4. 以膠管分別連結裝有乾冰及水的寶特瓶以及上櫃注氣孔。
測試方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 取適量乾冰扔入寶特瓶後，蓋上瓶蓋。 2. 注氣過程中隨時注意寶特瓶口有無漏水情形，並調整除濕劑位置使其均勻吸收溼氣。 3. 注氣結束必須更換寶特瓶中的水，以維持定溫下的相同產氣率。
結果暨討論	<p>結果：</p> <p>上櫃中溫、濕度在注入二氧化碳後仍不會變化，效果良好。</p> <p>討論：</p> <p>我們所使用的氯化鈣除濕速度快，且除濕過程會放熱，恰可平衡乾冰造成的低溫，如此上櫃能維持穩定的環境。</p>
相關照片	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 85) 二氧化碳產氣瓶</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(圖 86) 除濕筒</p> </div> </div>

(2)對照組：

- a.將裝填好的粉末承載環置於高壓尖端上，並蓋上屏罩以及上櫃蓋子。
- b.靜待 10 秒、20 秒及 30 秒後，再繼續步驟 c。
- c.調整上櫃至 RH61%~63%，以電壓 11.0~13.0(Volt)，噴發五秒後取下屏幕。
- d.重複步驟 a.~步驟 c.，各組皆噴發五片。
- e.將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

(3)實驗組：

- a.將裝填好的粉末承載環置於高壓尖端上，並蓋上屏罩以及上櫃蓋子。
- b.與步驟 a.同步，在裝約 400mL 水的寶特瓶內丟入三塊大小相近的乾冰，蓋上瓶蓋。
- c.分別對上櫃注入二氧化碳氣體 10 秒(0.6L)、20 秒(1.2L)及 30 秒(1.8L)。
- d.調整上櫃至 RH61%~63%，以電壓 11.0~13.0(Volt)，噴發五秒後取下屏幕。
- e.重複步驟 a.~步驟 d.，各組皆噴發五片。
- f.將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發顆粒數。

(五)、觀察直接增加空氣離子量對噴發量的影響

1.照射 UVC 紫外線燈

(1)總綱

由參考資料得知，氣體在高能電磁波的激發下容易游離。我們藉由使用 UVC 紫外線燈照射產生空氣離子，並比較照射前與照射後的差異，以探討空氣離子對粉末噴發之影響。而另外由目的(六)推論粉體溼度 70%之奶粉對離子吸附能力最好，故本實驗採用粉體溼度 70%的奶粉。

(2)實驗步驟

- a.將裝填好粉體溼度 70%粉末的承載環置於高壓尖端，蓋上屏罩及上櫃蓋子。

b.調整上櫃至 RH55%，以電壓約 9.0~11.0(Volt)，噴發五秒後取下屏幕。

c.重複步驟 a.~步驟 b.，共噴發五片。

d.將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

2.天氣變化

(1)總綱

由參考資料得知，當天空中有雷雨胞而產生打雷及降雨的情況時，空氣中的離子濃度會因為閃電之高電能以及雨滴破碎、摩擦等因素，大幅上升。本實驗在事前由氣象預報挑選出最可能有午後雷陣雨的日子，並讓室內外空氣流通。以日照時間對照當日氣壓及雨量紀錄作為參數，進行噴發量的比較。

(2)實驗步驟

a.打開室內所有的門窗以及上櫃蓋子，使空氣流通半小時繼續步驟 b.。

b.日照時間上午九點半，將裝填好的粉末承載環置於高壓尖端上，並蓋上屏幕以及上櫃蓋子。

c.調整上櫃至 RH55%，以電壓約 9.0~11.0(Volt)，噴發五秒後取下屏幕。

d.重複步驟 a.~步驟 c.，共噴發五片。

e.每隔一小時重複步驟 a.~步驟 d.，自上午九點半至下午四點半，共噴發 8

組。每一組之間上櫃蓋子保持開啟狀態，下一組噴發前再蓋起調整溼度。

f.將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

g.自網路上下載當日天氣紀錄，取出氣壓及雨量兩表與結果做比對。

(六)觀察粉體經過離子沾附處理後的噴發量關係

1.總綱

在電漿風的假設中，空氣中被解離出的離子有部分會被粉末捕捉到，我們想知道離子吸附對噴發的影響，因此設計此實驗。

2. 實驗步驟

(1) 離子產生器之調控方式

- a. 在麵包板上分別插設兩個 $1\text{K}\Omega$ 及一個 $3\text{M}\Omega$ 的 2W 電阻。
- b. 將離子產生器的高壓端與電阻串聯，分別可串出總電阻為 0Ω 、 $1\text{K}\Omega$ 、 $2\text{K}\Omega$ 以及 $3\text{M}\Omega$ 的電路。
- c. 取一電線與電路串連，用三種不同總電阻的電路產生不等的壓降，以調控此電線導出的電壓值，進一步控制其放電電流大小。

(2) 實驗過程

- a. 將中藥罐蓋子鑽洞，以一圖釘插入。
- b. 在罐中分別置入不同粉體溼度(40%、50%、60%、70%)培育奶粉約 13g。
- c. 將負離子產生器延伸出來的電線接上圖釘之金屬端，蓋上蓋子。
- d. 將負離子產生器分別調控為 0Ω 、 $1\text{K}\Omega$ 、 $2\text{K}\Omega$ 以及 $3\text{M}\Omega$ 的電阻，開啟電源。
- e. 以手均勻搖晃中藥罐五分鐘後，關閉電源並將圖釘取出準備裝填。
- f. 將裝填好的粉末承載環置於高壓尖端上，並蓋上屏罩以及上櫃蓋子。
- g. 調整上櫃溼度至 $\text{RH}52\%\sim 54\%$ 、以電壓 $9.0\sim 11.0(\text{Volt})$ 進行噴發。
- h. 重複步驟(1)~步驟(7)，各組皆噴發五片。
- i. 噴發五秒後取下屏幕，置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

(七) 觀察不同粉末之噴發情形差異

1. 總綱

當我們以奶粉匙分別摩擦不同的食品粉末時，發現大多數皆有跳動情形。若求得不同粉末的噴發量之大小差異，再配合目的八的結果，或許可推論出一些奶粉跳動的原因。

2. 實驗步驟：

- (1)取出可可粉、初乳粉、麵粉、薏仁粉、胡椒粉、奶粉以及太白粉置入手櫃。
- (2)將裝填好的各種粉末承載環置於高壓尖端上，並蓋上屏罩以及上櫃蓋子。
- (3)調整上櫃至RH61%~63%，以電壓約13.0~16.0(Volt)，噴發五秒後取下屏幕。
- (4)重複步驟(3)，各組皆噴發五片。
- (5)將屏幕置於解剖顯微鏡下觀察並紀錄噴發量。

(八)量測不同粉末粉末之大小、質量、電性、帶電量

1.粉末大小

- (1) 使用取粉針取得少許粉末放置玻片上。
- (2) 使用複式顯微鏡觀察並 MetaMorph 軟體測得長短軸的長度。
- (3) 取樣十個粉末後，將粉末清除。
- (4) 重複步驟 1-步驟 3 二次，共取樣 30 顆粉末。
- (5) 用短軸為 z 軸之長度，將粉末視為橢圓球計算平均體積。

2.粉末質量

- (1) 以電子秤量測承載環質量。
- (2) 將粉末裝填於承載環上，並以棉花棒清除多餘粉末。
- (3) 量測承載環及粉末之質量，清除粉末，準備下一次量測。
- (4) 重複步驟 2-步驟 3，共五次。
- (5) 「承載環加粉末質量」-「承載環質量」即為粉末質量，取五次平均值
- (6) 測量承載環內徑及厚度以計算其容積。

(7) 「承載環容積」÷「粉末大小」=承載環中粉末顆粒數。

(8) 「粉末裝填質量」÷顆粒數=平均單粒粉末質量。

3.電性

(1)噴發電性(奶粉、麵粉)

a.將外加電場裝置架設好，設定電壓 3000V，將裝填好的承載環置於尖端上。

b.壓開延長開關，並調整電壓至約 9.0~11.0(volt)。

c.閉合延長開關，噴發十秒後壓開開關。

d.取下兩片鋁片，以相機拍攝。

e.使用 Image J 軟體分析鋁片上粉末沾附量並紀錄。

(2)液內電性

(1) 架設液內運動研究裝置，將兩電極板間電壓設定為 3000V。

(2) 架設數位相機，以乾淨取粉針先插入液面，相機對焦後開始錄影。

(3) 使用取粉針沾取粉末，插入兩電極板之中點液面，使粉末進入液體中

(4) 觀察粉末之運動偏向。以粉末偏向做為電性判斷。

4.帶電量

(1)空氣中較高電場下：

a.取單粒粉末置於高壓尖端，緩慢的開始調整 VDF 電壓。

b.觀察粉末之運動，紀錄粉末恰噴發之時刻的電壓值。

c.若忽略空氣阻力，便可由尖端電壓換算成電場值，再由電場推算出粉

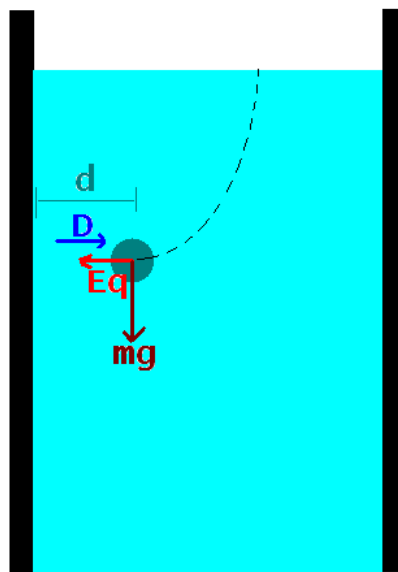
末所受的電斥力，而此電斥力恰與重力抵銷。

d. 由粉末所受電斥力可換算得到其在空氣中高電場下之帶電量。

(2) 液內較低電場下：

a. 同目的八之(三)電性量測的方法，紀錄粉末於正己烷中的運動路徑。

b. 如圖示：



(圖 87) 電泳分析示意圖

(b-1) 經由大量畫格分析，找出粉末位置-時間軸關係圖(x-t 圖)。

(b-2) 由 x-t 圖找出粉末在水平方向等速度的位置點，並紀錄該點的速率值以及距平板距離 d。

(b-3) 由 Stoke's Law： $D=6\pi\eta RV$ 可知，我們可由已知的粉末粒徑 R 和其在該點順時速率 V 以及正己烷之 η ，求得粉末在該點所受黏滯力 D。

(b-4) 由粉末等速率位置距平行電板之距離 d 可求得該點粉末所受電力 F。

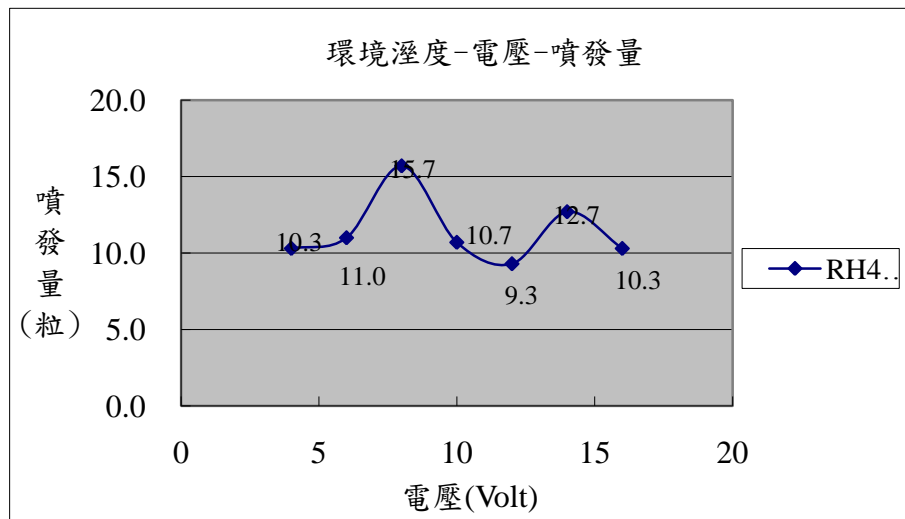
(b-5) 由靜力平衡可得該點之電力 $F=$ 該點之黏滯力 D，再計算出帶電量。

伍、研究結果與討論

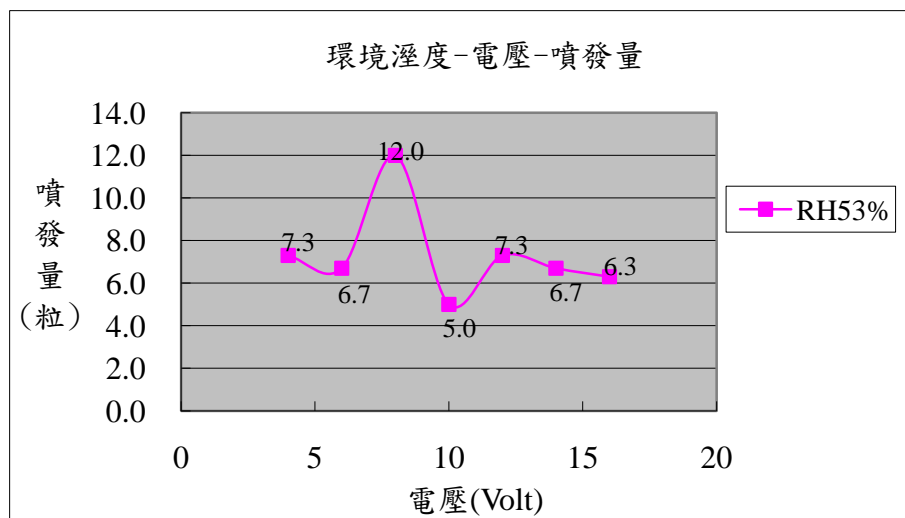
一、目的(一)、目的(二)結果與討論

(一) 觀察奶粉在不同溼度環境下，溼度-電壓下的噴發量關係

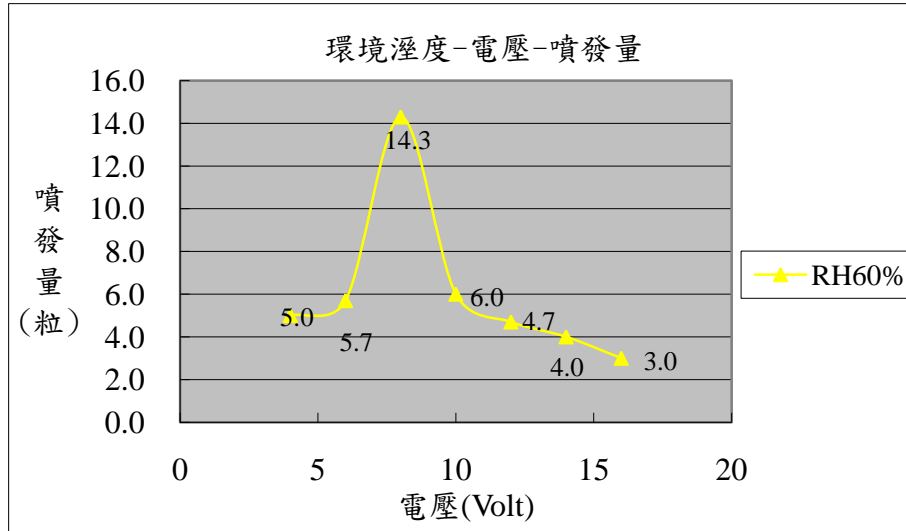
1. 結果圖表



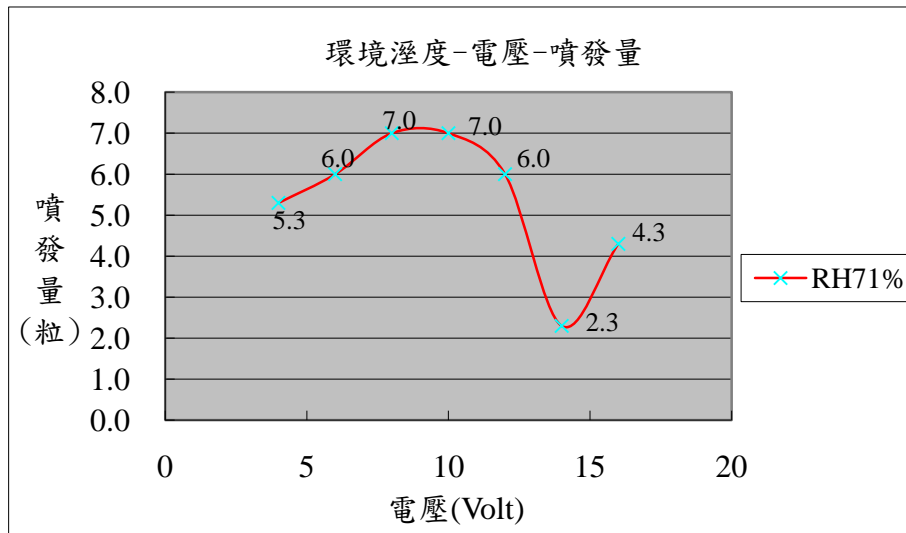
(1) 小結 A：相對濕度 40% 下，噴發量並不規則。但於 7~9(volt) 為最高峰(15.7 粒)，另於 13~15(volt) 為次高峰(12.7 粒)。其餘組別平均約在 10.7 粒左右。



(2)小結 B：相對濕度 53% 下，噴發量並不規則。但於 7~9(volt)為最高峰
(12.0 粒)，其於組別平均約在 6.6 粒左右。

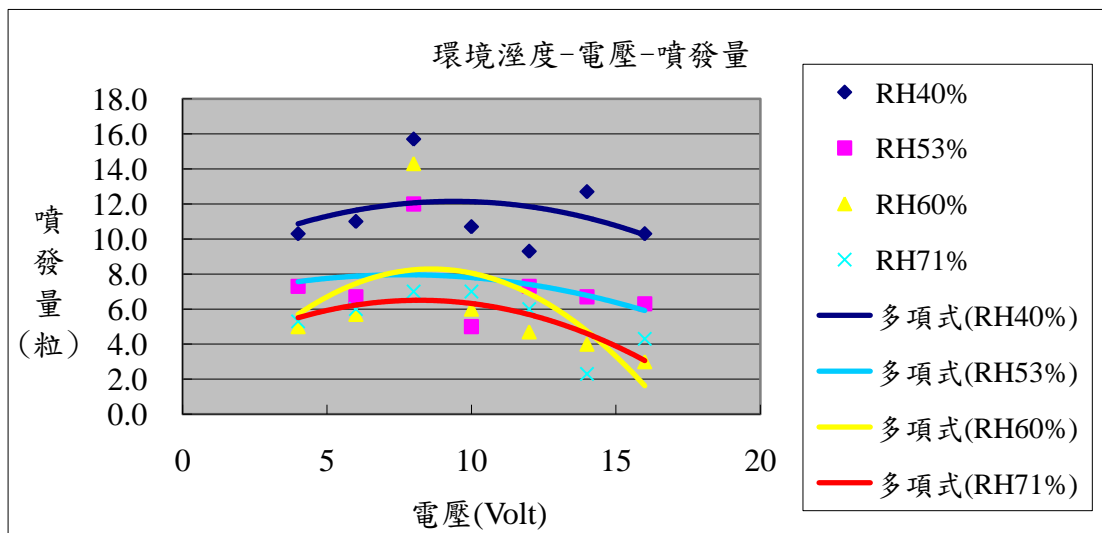
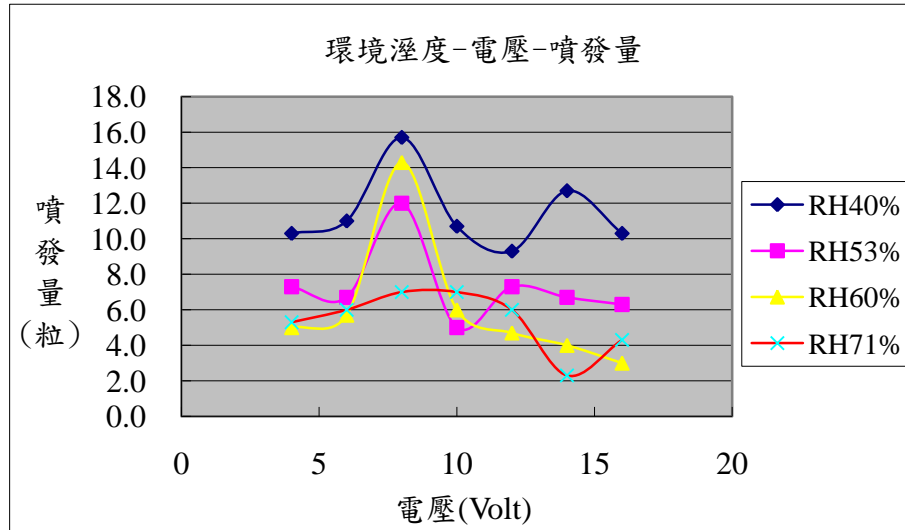


(3)小結 C：相對濕度 60% 下，噴發量並不規則。但於 7~9(volt)為最高峰
(14.3 粒)，其於組別平均約在 4.7 粒左右。



(4)小結 D：相對濕度 71%下，噴發量並不規則。但於 13~15(volt)為最低值

(2.3 粒)，其於組別平均約在 5.9 粒左右。



2.總結：

(1)自二次多項式圖而言，環境溼度越高，噴發量越低。

(2)除了 RH71%組之外，其餘三組數據皆在 7~9(volt)時有噴發量最大值。

(3)在 13~15(volt)時，我們發現噴發量變化趨勢隨濕度變化為：RH40%增加，RH53%、RH60%持平，RH71%減少。

3.討論：

(1)依據負離子推論，可能有某種氣體在 7~9(volt)開始產生捕捉電子形成負離子，附著於奶粉上後使其帶額外負電而被斥離。隨後更高的電壓下，空氣離子可能因此無法穩定附著，導致噴發量大致持平。而 RH71%可能因為環境溼度過高，靜電不易累積而無峰值。

(2)環境溼度越高，靜電荷較不容易累積，而導致噴發量隨環境溼度提高而下降。

(3)依負離子推論，可能有某種氣體在 13~15(volt)開始吸附電子形成負離子。

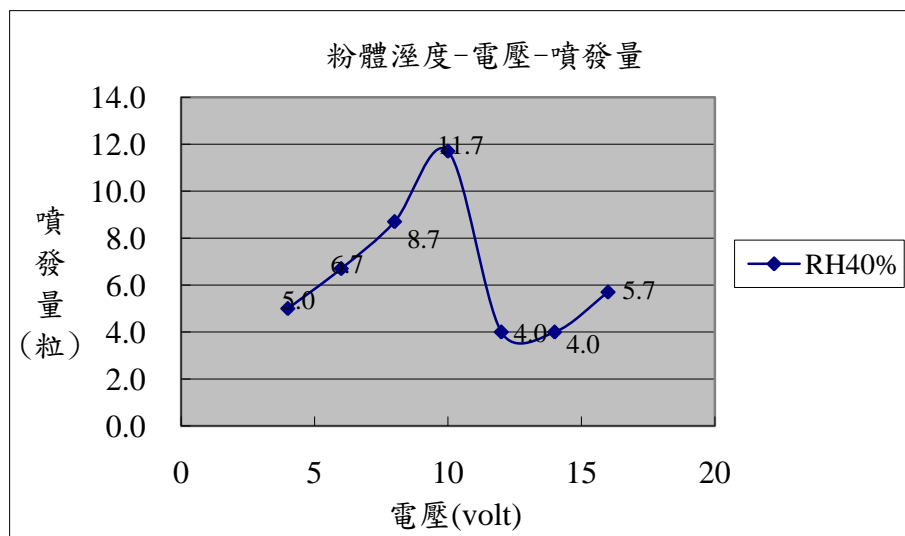
而此氣體離子之性質受環境溼度影響。可能的因素有二：

a.此離子對水氣之交互作用變化。

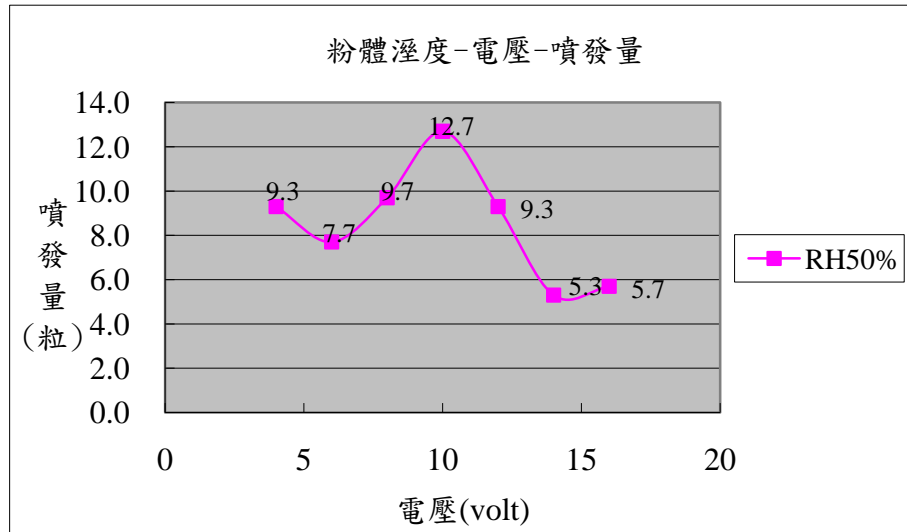
b.此離子對奶粉之附著力變化。

(二)觀察對粉體經過不同溼度處理後，粉體溼度-電壓噴發量關係

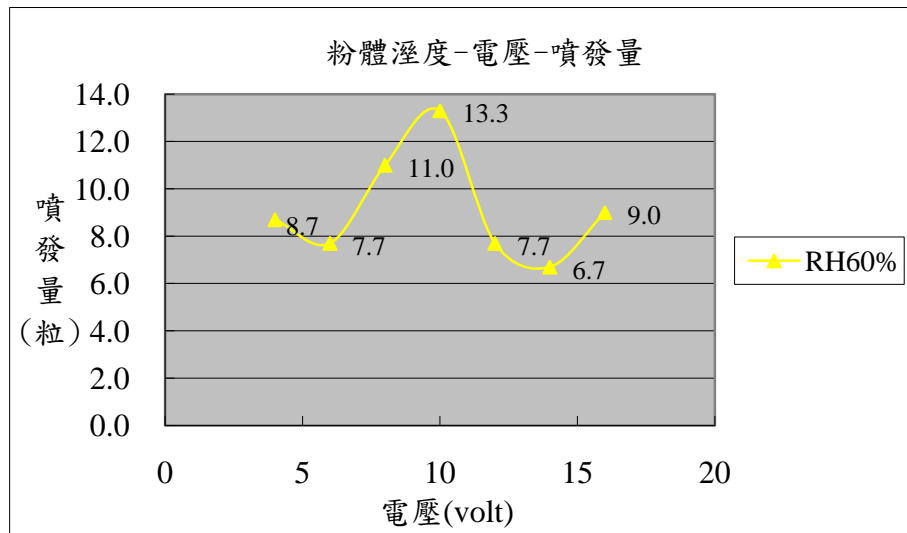
1.溼度培育結果圖表



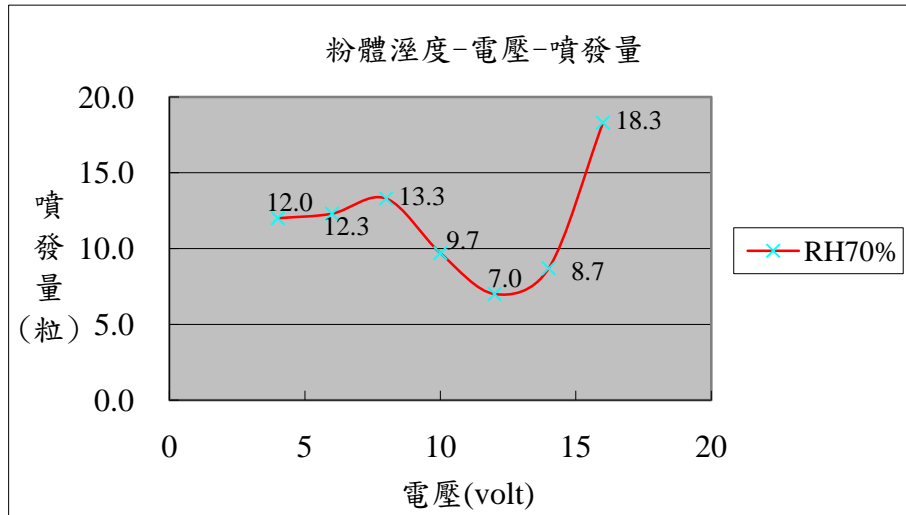
(1)小結 A：相對濕度 40% 下，噴發量會先爬升後下陡降,最後小幅上升。且於 9~11(volt)為最高峰(11.7 粒)，其餘組別平均約在 5.7 粒左右。



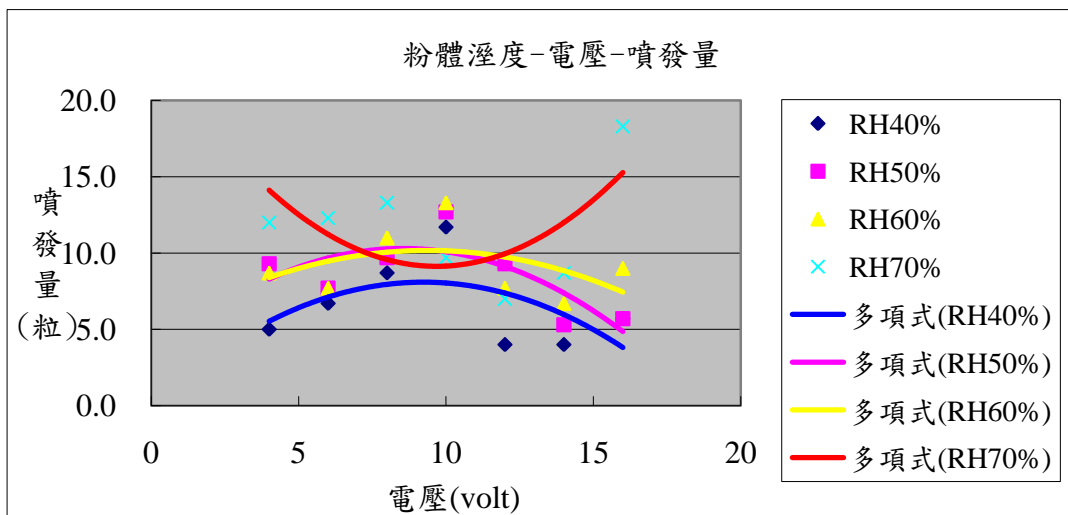
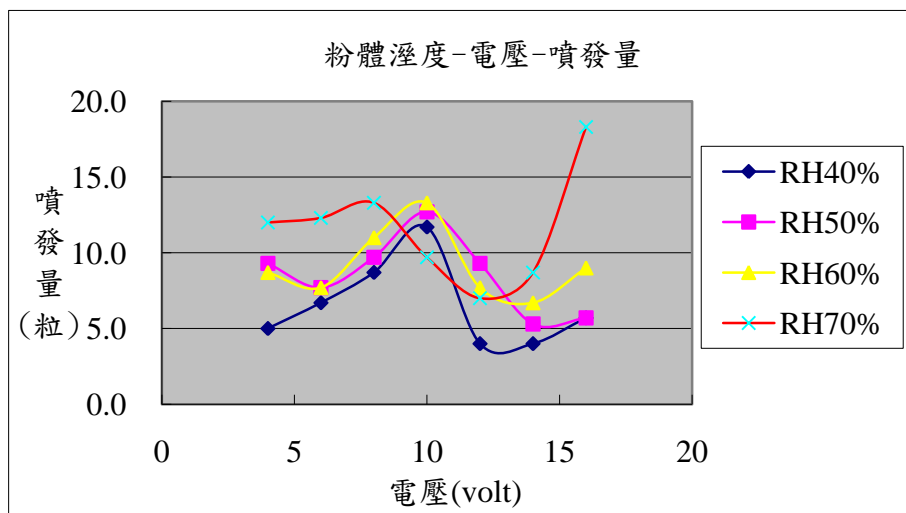
(2)小結 B：相對濕度 40% 下，噴發量會先爬升後下陡降,最後小幅上升。且於 9~11(volt)為最高峰(12.7 粒)，其餘組別平均約在 7.8 粒左右。



(3)小結 C：相對濕度 60% 下，噴發量會先爬升後下陡降，最後小幅上升。但於 9~11(volt)為最高峰 (13.3 粒)，其餘組別平均約在 6.5 粒左右。



(4)小結 D：相對濕度 70%下，噴發量會持平後陡降，最後驟升。於 15~17(volt)為最高峰(18.3 粒)，其餘組別平均約在 10.5 粒左右。



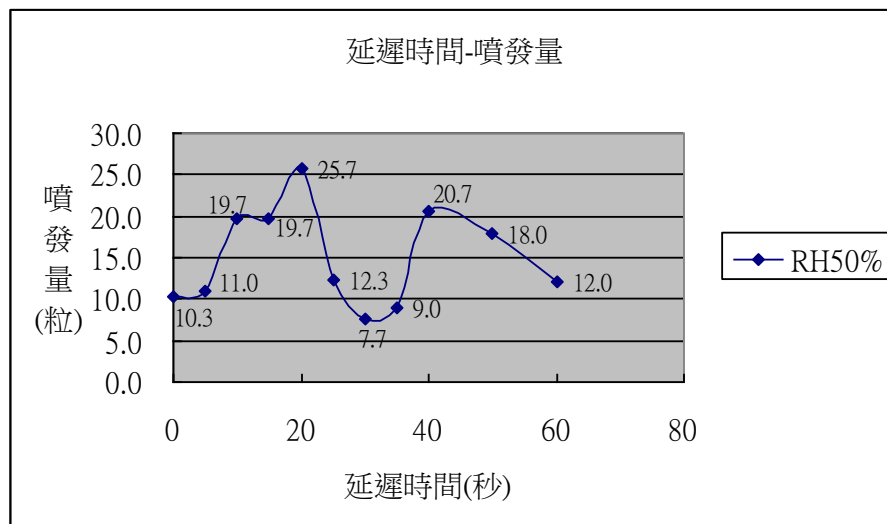
(5)總結：

- a.四種粉體濕度下趨式為大略先爬升後陡降。而除了 RH70%組之外，其餘三組數據皆在 9~11(volt)時有噴發量最大值。
- b. RH70%異於其餘三組，在 13~15(volt)之後噴發量會大幅爬升。而其他三組只是略微上揚。
- c.自二次多項式圖而言，粉體溼度越高，噴發量越高。

(6)討論：

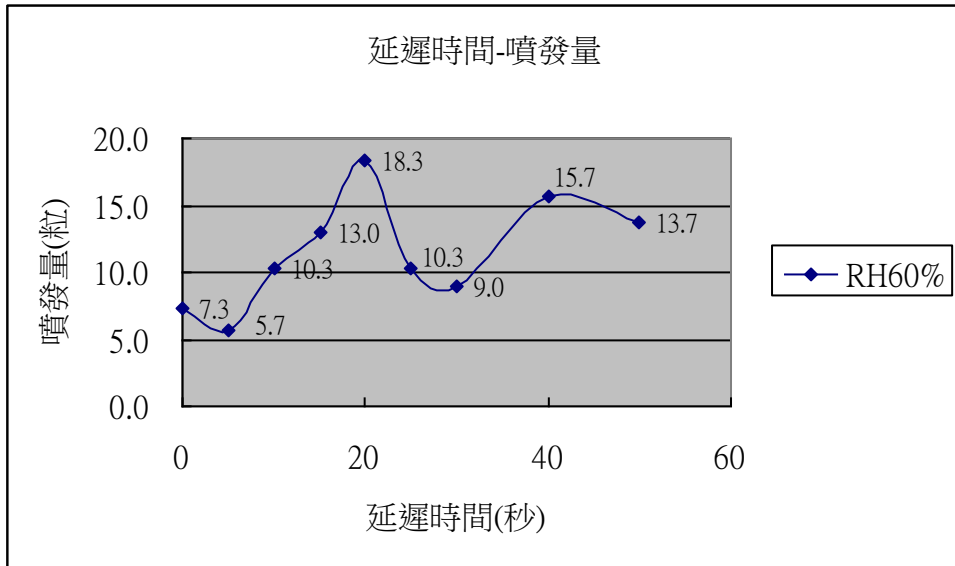
- a.隨著電壓升高，奶粉可能因負離子沾附量提升或是單純電場增強而噴發較多，且在經過某特定電壓值之後，負離子無法再穩定沾附，使噴發量陡降。
- b.在 13~15(volt)時，可能有某種氣體形成負離子，導致四組噴發量皆上升，RH70%則可能因其對負離子之沾附能力較強而上升更明顯。

2.延遲噴發結果圖表



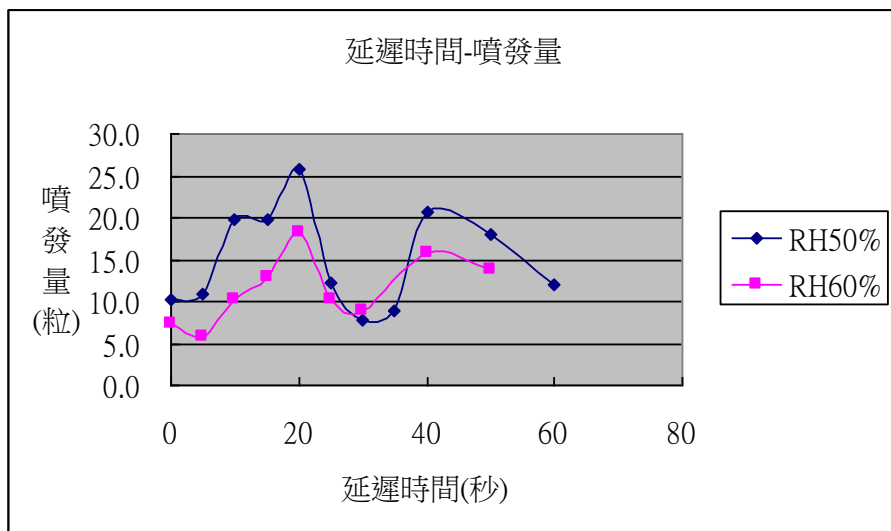
(1)小結 A：在 RH50%下，延遲時間與噴發量關係表如下：

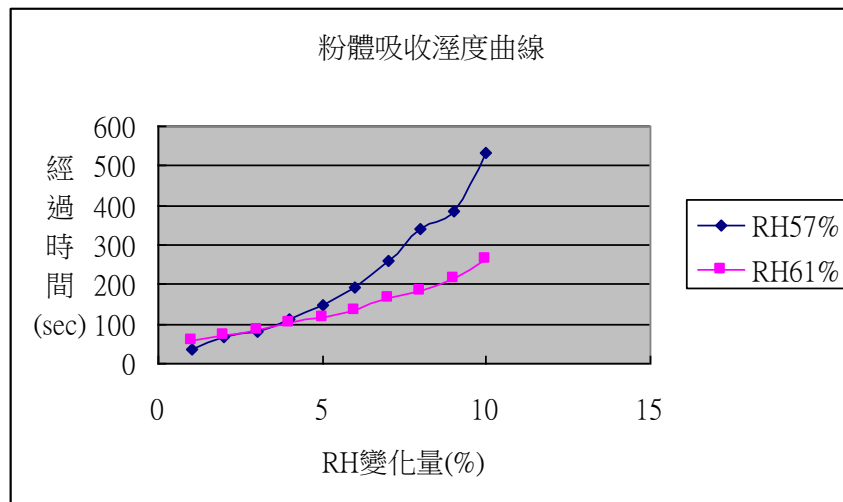
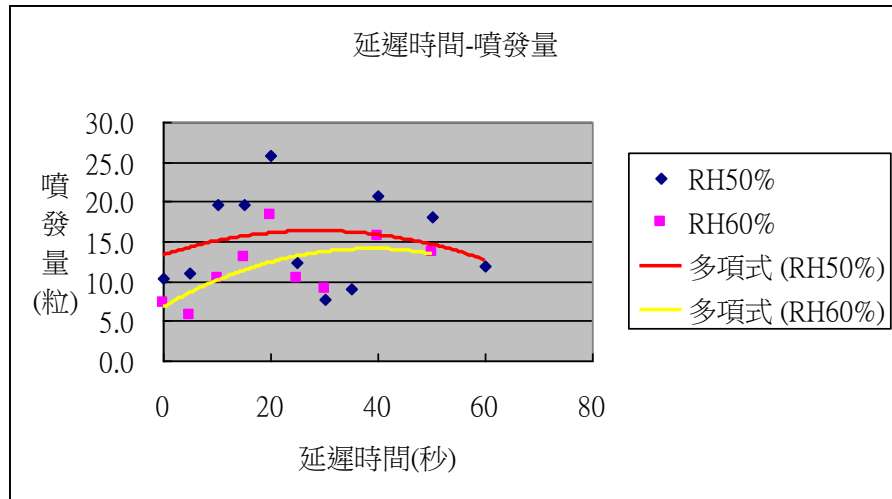
延遲時間(秒)	0~20	20~30	30~40	40~60
噴發量變化 (粒)	爬升	陡降	爬升	緩降



(2)小結 B：在 RH60%下，延遲時間與噴發量關係表如下：

延遲時間(秒)	0~20	20~30	30~40	40~60
噴發量變化(粒)	爬升	陡降	緩升	緩降





(3)總結：

- a.由二次多項式圖可知，環境 RH50%之噴發量皆較 RH60%組別高。
- b.RH50%及 RH60%兩組噴發量之變化趨勢十分接近。

(4)討論：

- a.由粉體吸收溼度曲線可知，延遲時間可讓粉末吸附更多的溼氣，可能因此沾附較多負離子。
- b.隨著延遲越久，粉末對負離子抓附力提高時，粉末表面電荷雖然較多但可能無法穩定停留，造成高電場下電荷的流失，故噴發量下降。

c.當溼氣增加，粉末對負離子抓附力再提高時，便可穩定先前無法穩定之負離子
致使噴發量回升。

d.同目的一之結果，噴發過程環境溼度越高，靜電不易累積，噴發量較少。

(三)目的(一)、目的(二)總結果：

1.大致而言，不論是環境溼度或者粉體溼度最高者，其電壓-噴發量曲線皆異於
其餘組別。且其於組別曲線接近似。

2.環境溼度與粉體溼度對噴發量之影響恰好相反：環境溼度越高，噴發量越低。
粉體溼度越高，噴發量越高。

3.上述二實驗在特定電壓下，噴發量會有明顯變化。

4.粉體溼度和噴發量並非線性相關，仍會有波動。

(四)目的(一)、目的(二)總討論：

1.奶粉在高濕度下易於極短時間內受潮，導致其性質異常，故趨勢異於其他三組。

2.環境溼度對粉體之影響為靜電散失；反之，粉體溼度對粉體之影響為靜電沾附。

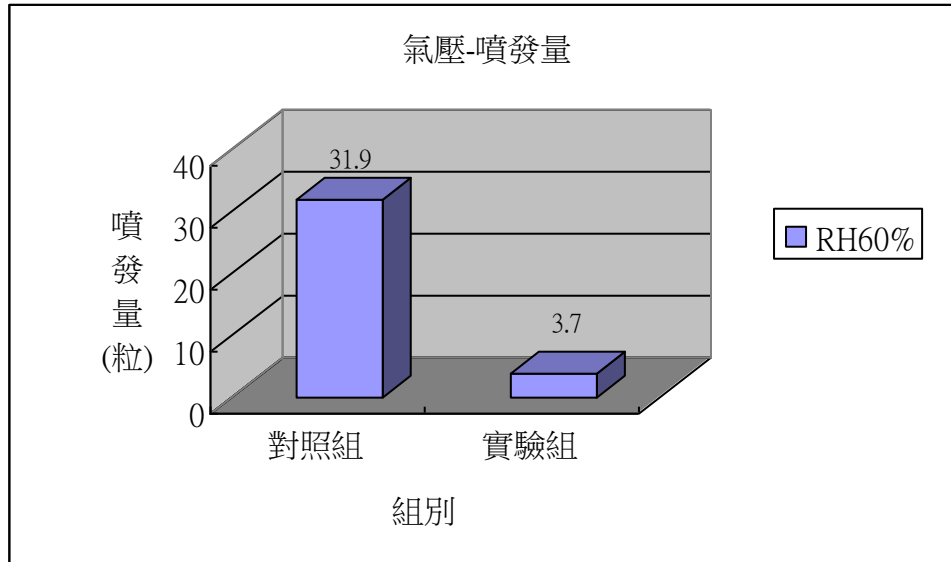
3.特定電壓下，可能有某種氣體吸附電子形成負離子致使奶粉噴發量明顯變化。

4.因為負離子沾附效應必須考慮粉末之最大穩定電荷容納量，且此容納量亦隨粉
體溼度變化，故粉體溼度和噴發量並非線性相關

5.另一種推測認為唯有在電子速度適中的情況下，空氣分子才能穩固抓牢電子轉
變為負離子。故在噴發量峰值左方的電壓可能較弱而使電子速度不足；而
在峰值右方的電壓可能過強使電子速度過快。於是，在兩者電壓下皆不易產
生負離子，而使噴發量曲線產生峰值。

二、目的(三)、目的(四)、目的(五)實驗結果與討論

(一)觀察在極低氣壓環境下進行噴發的噴發量



1.小結：很明顯看出，在 RH60%下有抽氣的組別噴發量較少

2.討論：

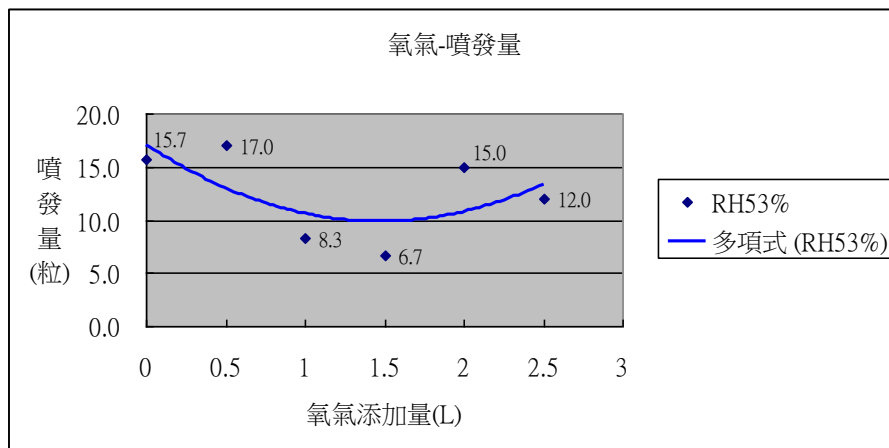
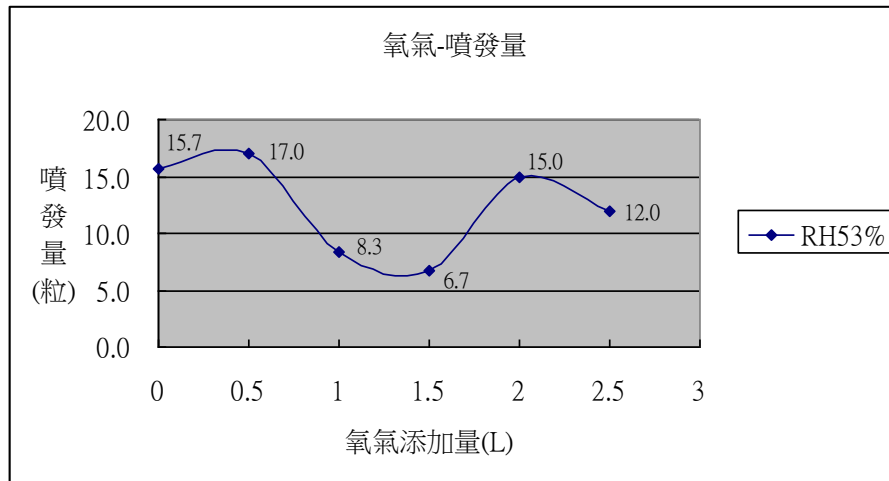
(1)由於吸塵器轉速固定，目前只有能力定性兩者的氣壓高低，而無法定量。

(2)真空櫃在吸氣時仍有些微的形變，而高壓尖端處也仍有微量漏氣，可能造成氣流使抽氣時粉末噴發量降低。

(3)若討論(2)之問題影響不大，則極有可能是因為空氣含量大減造成負離子濃度降低，進而使噴發量減少。

(二)觀察加入氣體(氧氣、二氧化碳)時噴發量的變化量

1.氧氣



(1)結果：

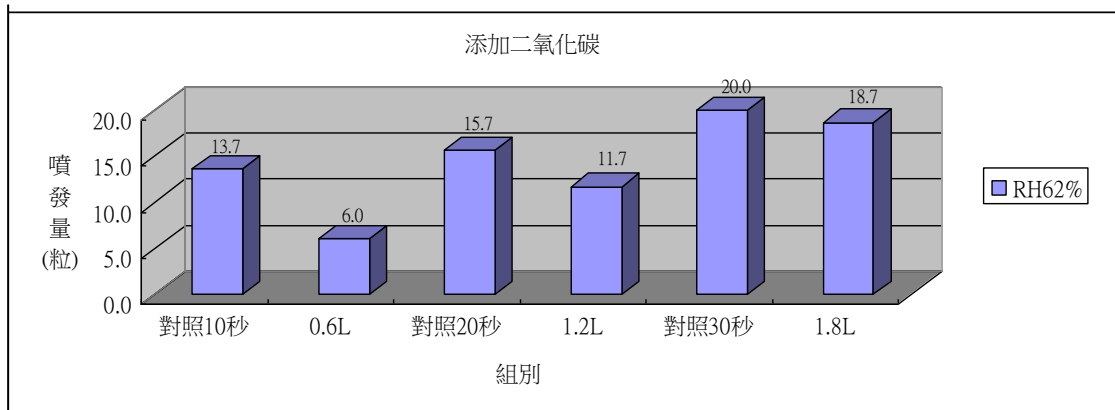
- a.噴發結束後，上櫃會有一股特殊氣味，可能為氧氣解離後產生之臭氧。
- b.隨著氧氣添加量增加，噴發量不規則變化。大致上而言，趨勢為先下降再回升。

(2)討論：

- a.因素 1：氧氣濃度增加可能導致空氣離子濃度提高，奶粉沾附過多的負離子後電荷不穩定而排出部分負離子使噴發量降低。然而，當周遭負離子濃度再提高時，奶粉表面電荷又增加致使噴發量回升。

- b.因素 2：氧氣濃度增加使高壓尖端周遭產生較多負離子，可能使部分電荷逸散，進而使噴發量下降。

2.二氧化碳



(1)結果：

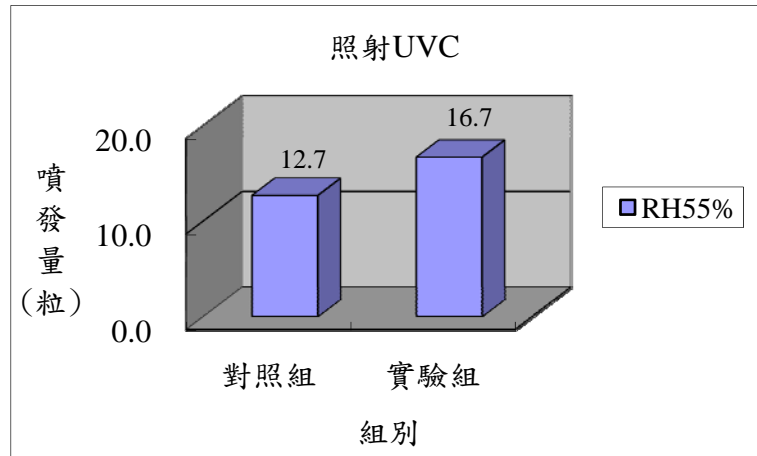
- a.添加二氧化碳會使噴發量減少。
- b.隨著延遲時間增加，對照組與實驗組的差異越小。

(2)討論：

- a.由於二氧化碳較空氣重，會沉積在上櫃底部使氧氣濃度降低，進而使負離子量減少，因此，噴發量減低。
- b.隨著二氧化碳增加，高壓尖端周遭產生較少負離子，可能使電荷不易逸散而噴發量上升。再與粉體溼度造成的提升效果疊加，導致對照組與實驗組差異下降。

(三)觀察直接增加空氣離子量對噴發量的影響

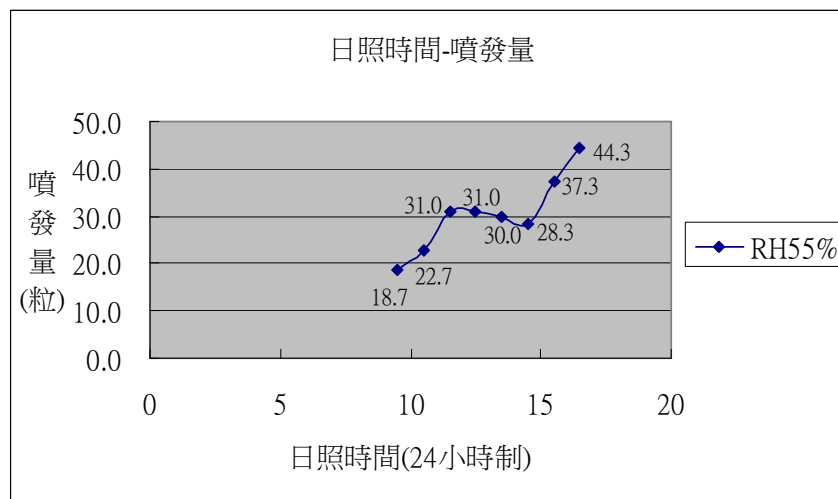
1.照射 UVC 紫外線燈

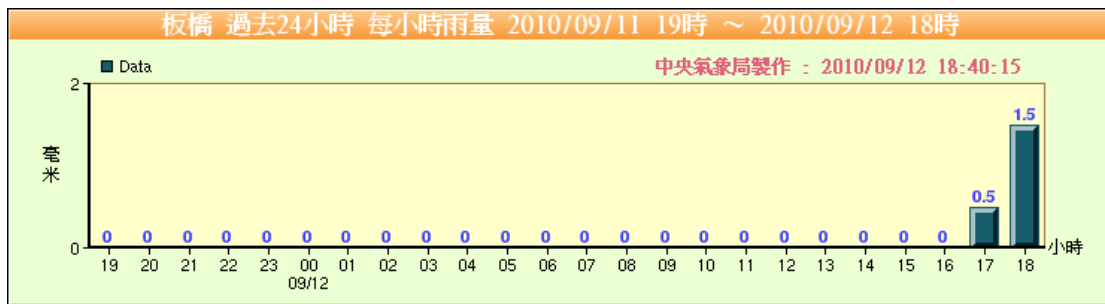


(1)結果：在 RH55%，粉體溼度為 70% 下，照射紫外線 UVC 的組別噴發量較對照組平均多 4 粒。

(2)討論：可能因 UVC 之高能輻射轉換氧氣為氧負離子，進而沾附於奶粉上使其噴發量增加。

2.天氣變化





(1)結果：隨著日照時間的推移，噴發量變化趨勢如下：

日照時間(時)	9.5~11.5	11.5~14.5	14.5~16.5
噴發量變化(粒)	爬升	持平	爬升

(2)討論：

- a.由於本地無氣象站，故取鄰近市區的氣象資料為參考。
- b.由天氣圖可知，9點~12點，天氣晴朗氣壓偏高，可能因紫外線照射量提升使負離子濃度提升，故噴發量開始爬升。
- c.12點~14點天氣轉陰為過渡期，噴發量大致持平。
- d.由天氣圖可知，在14點~16點為氣壓最低時段，且17點後氣象站有記錄到雨量，可能因雷雨負離子濃度提升，噴發量開始爬升。

(四) 目的(三)、目的(四)、目的(五)總結果：

- 1.改變高壓尖端週遭氣體成分對噴發量確有影響，而氧氣非規則變化；而二氧化

碳有降低噴發量的效果。

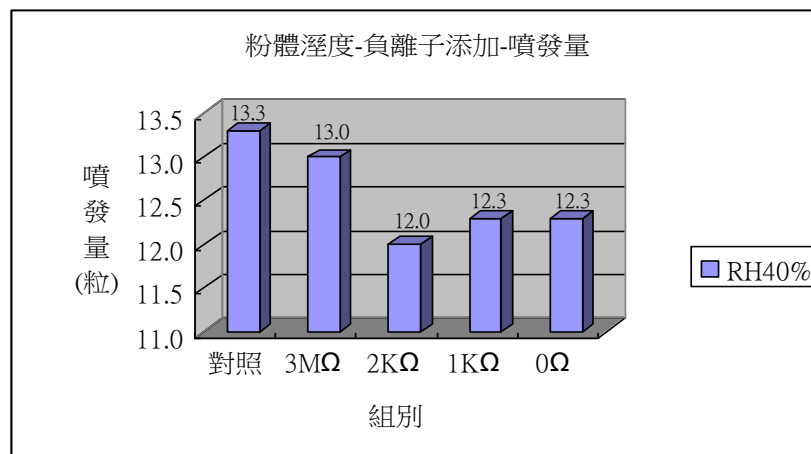
- 2.直接增加環境離子濃度和噴發量呈正相關。紫外線照射使噴發量上升；下雨產生之負離子也使噴發量上升。

(五) 目的(三)、目的(四)、目的(五)總討論：

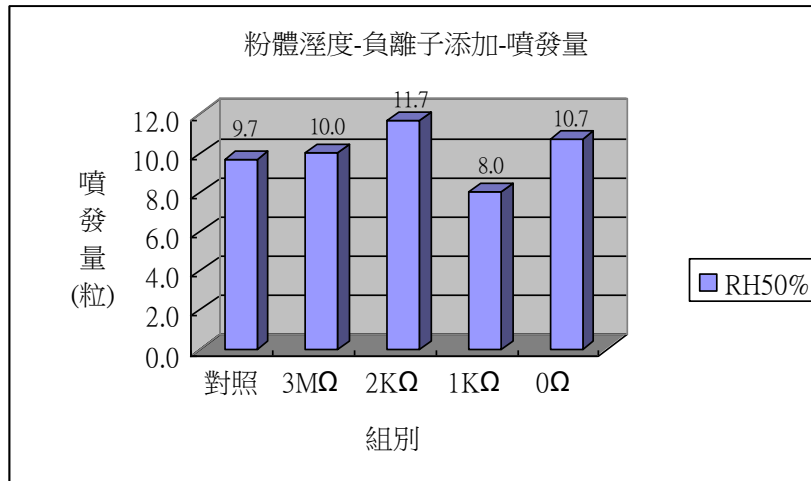
- 1.氣體之游離度可能影響粉末電荷沾附以及高壓尖端之電場。離子濃度增加，雖然粉末電荷增加量減少，但高壓尖端之電場也可能因游離氣體而減弱，反之亦然。故影響需視添加氣體種類及性質而定。
- 2.直接環境離子濃度使得粉末帶電量上升，而高壓尖端之電場可能因不需游離額外氣體而未受明顯之影響，故噴發量隨離子濃度上升。

三、目的(六)、目的(七)、目的(八)實驗結果與討論

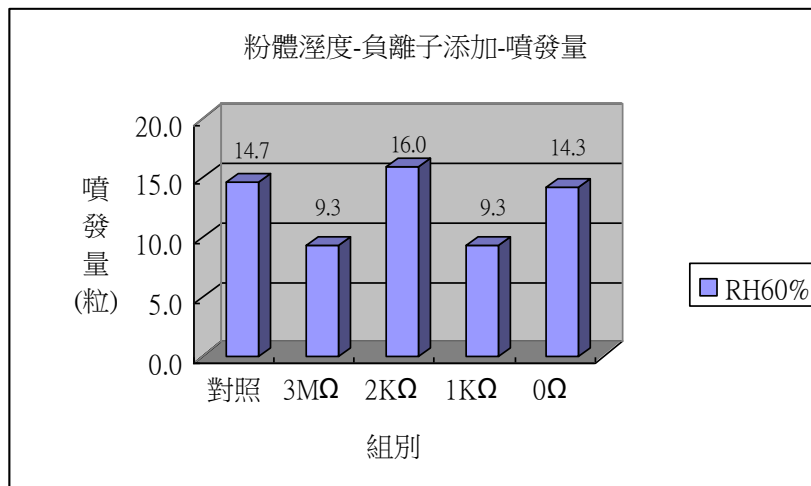
(一)觀察對粉體經過離子沾附處理後的噴發量關係



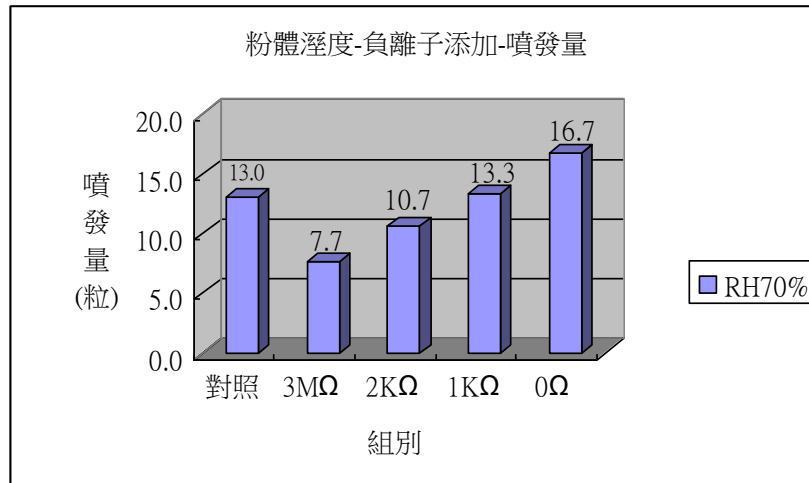
- 1.小結 A：粉體濕度 40% 下，離子添加對噴發量無明顯影響(最大最小值差 1)。



2.小結 B：粉體濕度 50% 下，離子添加對噴發量無明顯影響(最大最小值差 3.7)。



3.小結 C：在粉體濕度 60% 下，離子添加對噴發量無明顯趨勢，不過最高與最低值差值達 6.7 粒。



4.小結 D：

- (1)添加少量離子時，噴發量反較對照組低。
- (2)隨著電阻值降低，離子添加對噴發量有明顯提升作用(最大最小值差9)。

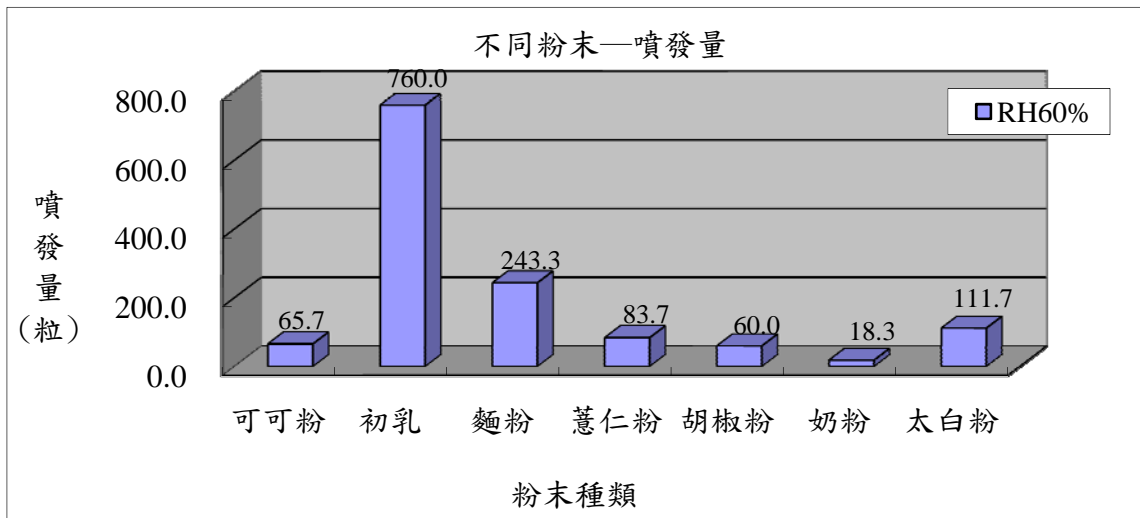
5.總結：

低粉體溼度下，離子添加對噴發量之影響不顯著；但隨著濕度增加，影響效果越趨明顯，接近正相關

6.討論：

- (1)在低粉體濕度的40%和50%中奶粉在交流電漿中沾附正、負離子的機率近似，故經過交流電漿對其所帶電荷量影響不大。
- (2)在粉體濕度60%和70%由於粉體溼度過高，奶粉表面水膜受交流電漿游離後對奶粉之影響過於複雜，結果無法解釋。

(二)觀察不同粉末之噴發情形差異



1.結果：噴發量比較：初乳>>麵粉>太白粉>>薏仁粉>可可粉≐胡椒粉>>奶粉。

2.討論：可能因為各種粉末之性質(大小、質量、電性、帶電量)不同而導致噴發量不同。

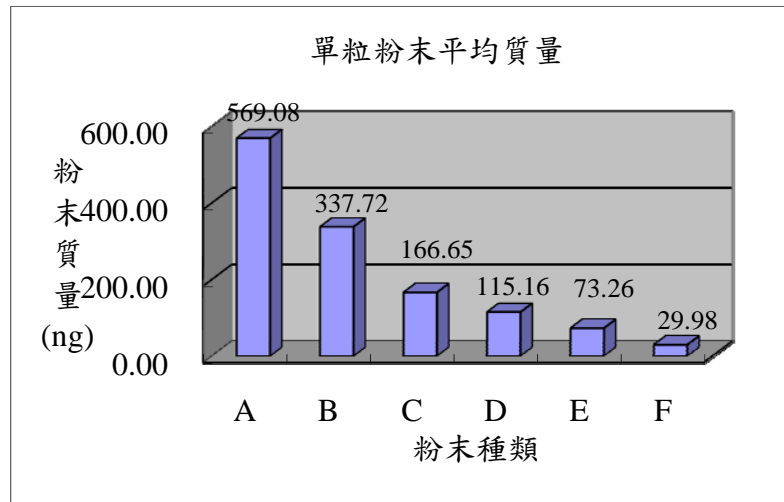
(三)量測不同粉末粉末之大小、質量、電性、帶電量

1.粉末大小

	奶粉	麵粉	可可粉	胡椒粉	初乳粉	太白粉
大小 (微米立方)	9.8×10^5	3.1×10^5	1.4×10^5	2.0×10^5	4.2×10^5	0.3×10^5

(1)結果：奶粉>麵粉>可可粉>胡椒粉>初乳粉>太白粉。

2. 粉末質量



代號	A	B	C	D	E
種類	奶粉	初乳粉	麵粉	胡椒粉	太白粉

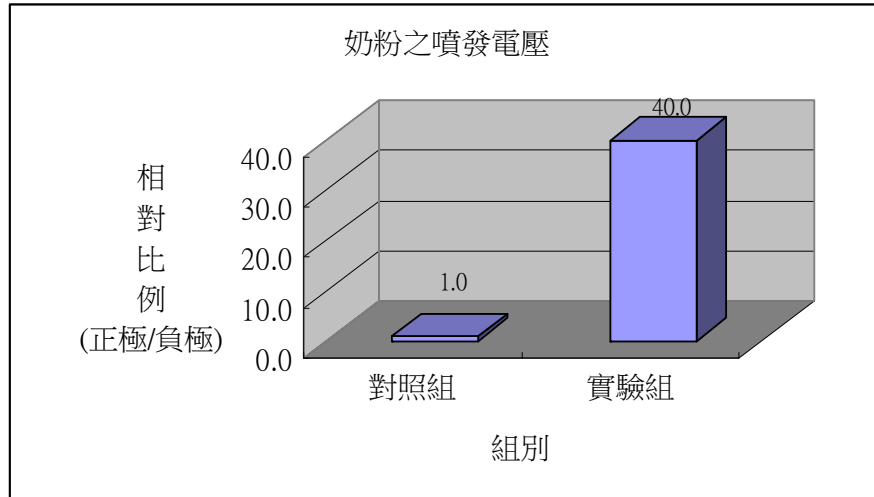
(1) 結果：

a. 粉末單粒質量大約都介於數十到數百奈克間。

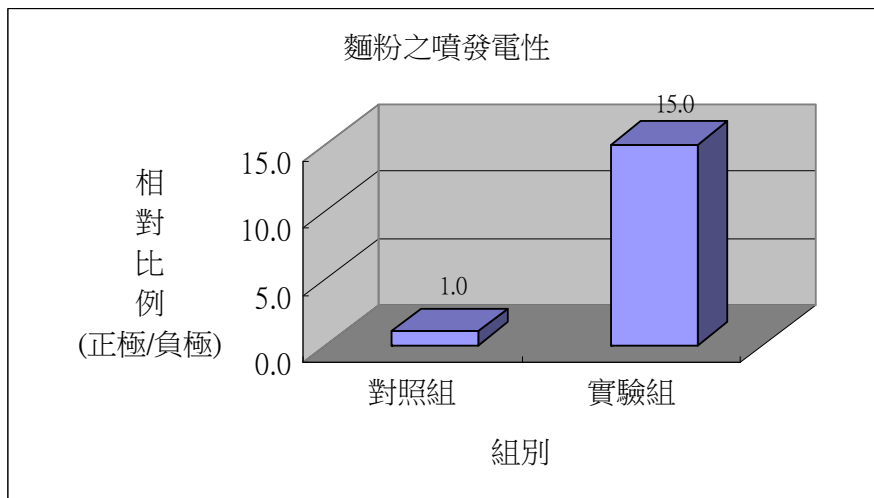
b. 單粒粉末質量由大到小比較：奶粉 > 初乳粉 > 麵粉 > 胡椒粉 > 太白粉。

3. 粉末電性

(1) 噴發電性



a. 小結 A：噴發出的奶粉在外加電場後，正極板之沾附量明顯增加。



b. 小結 B：噴發出的麵粉在外加電場後，正極板之沾附量明顯增加。

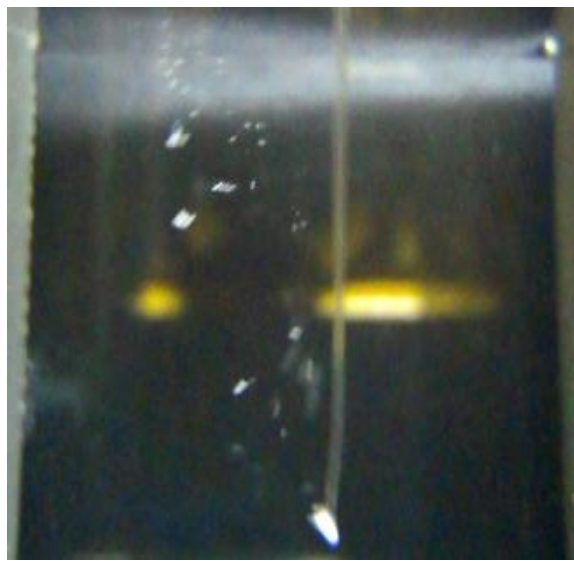
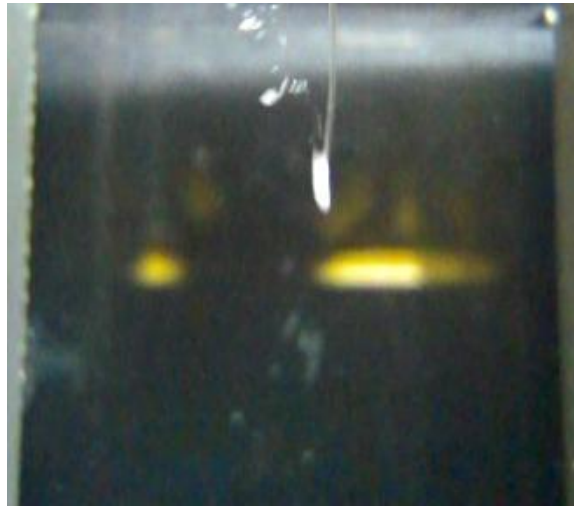
c. 總結：由結果得知，奶粉及麵粉在噴發後皆帶負電。

(2) 液內電性(影片擷取結果)

粉末種類	太白粉	可可粉	奶粉	咖啡粒	胡椒粉	麵粉
電性	正或負電	負電	負電	正電	負電	正電

太白粉(負)

time

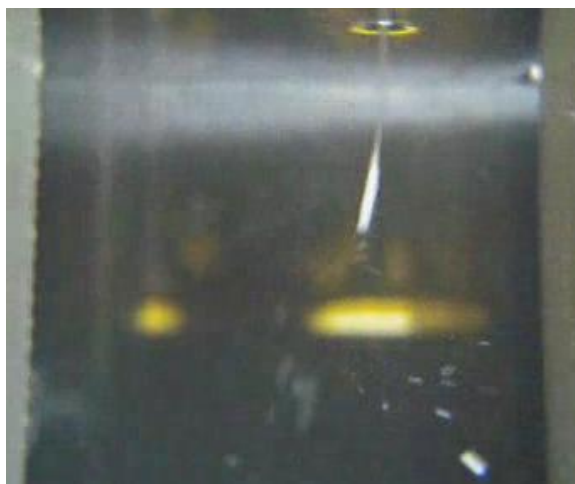
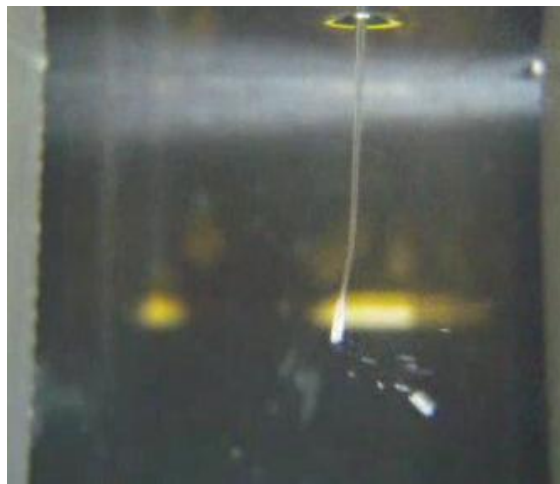
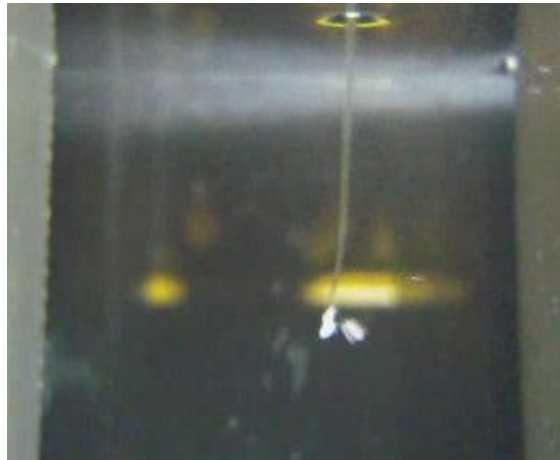


正極

負極

太白粉(正)

time

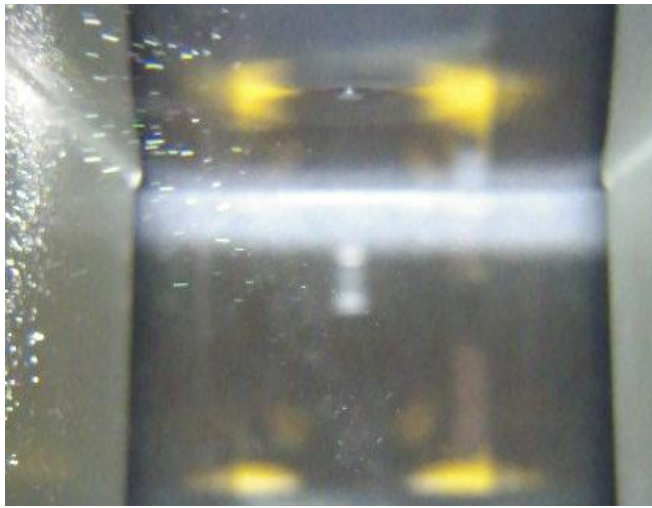
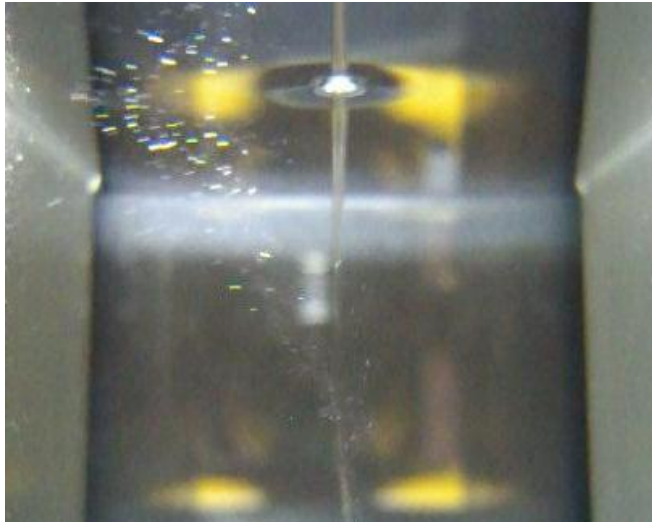
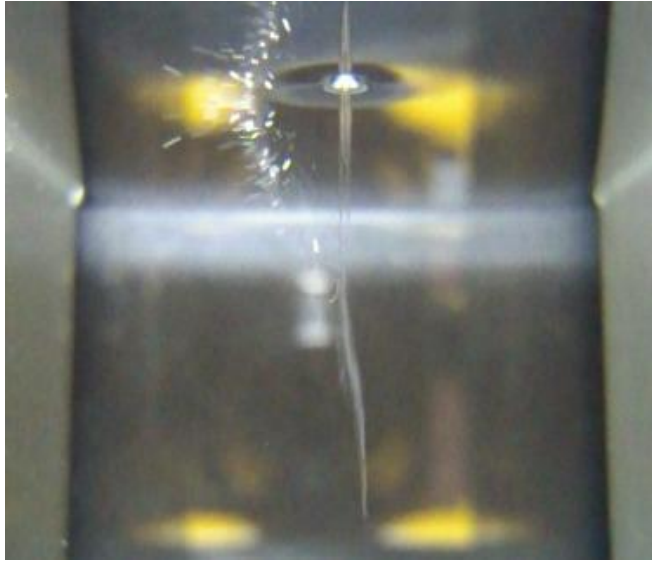


正極

負極

可可粉

time

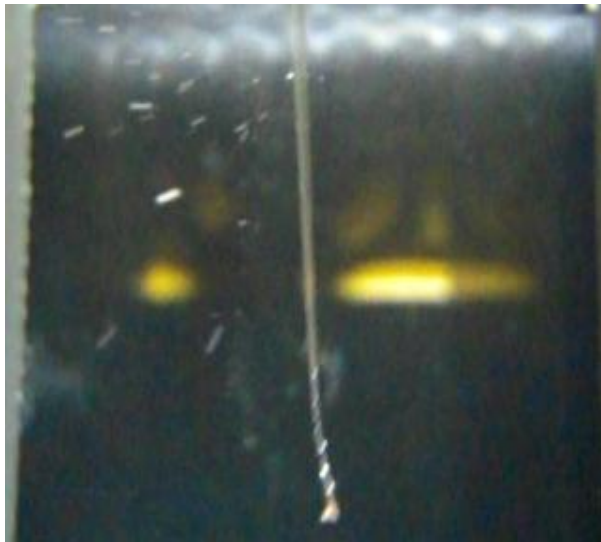
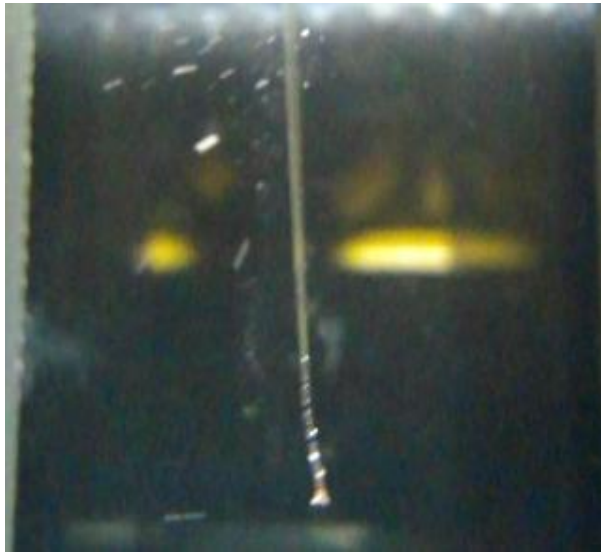


正極

負極

奶粉

time

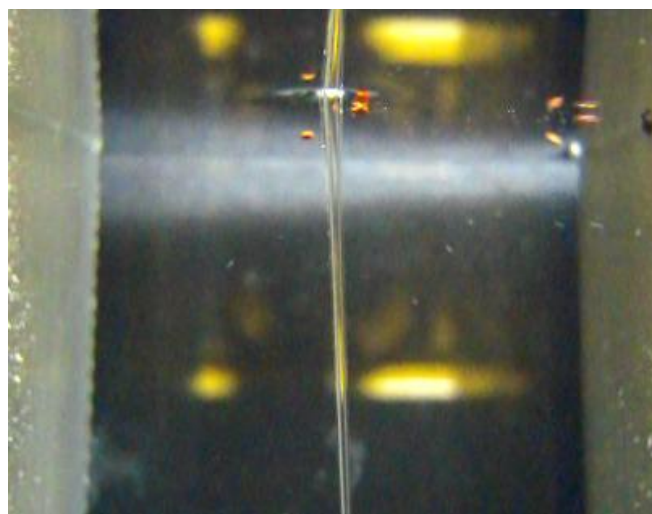
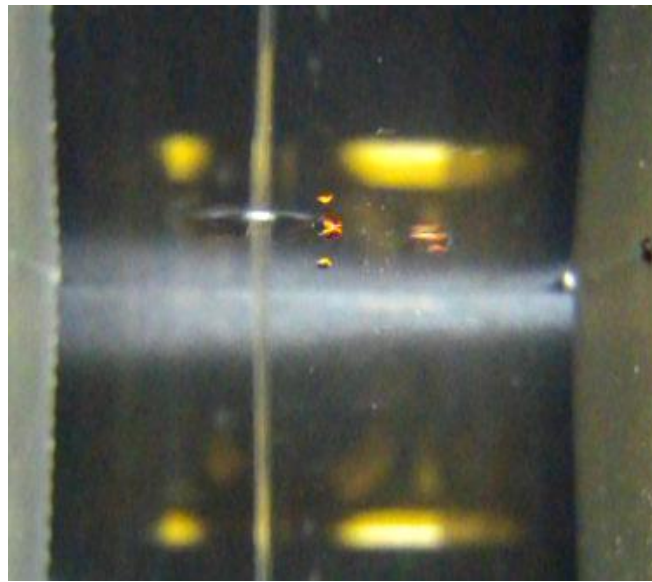
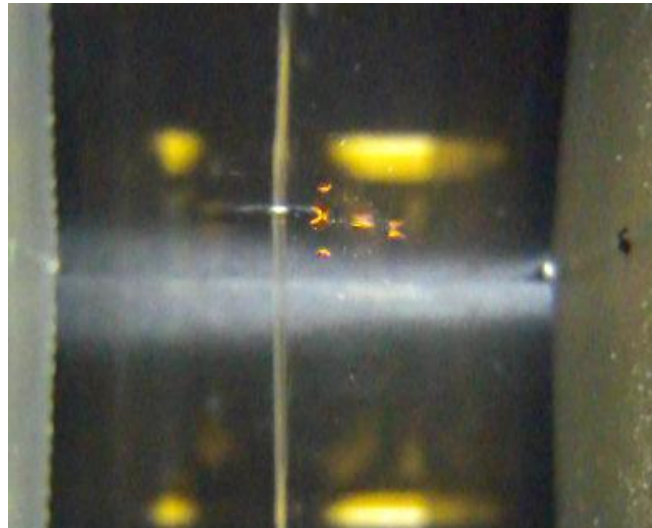


正極

負極

咖啡粉

time

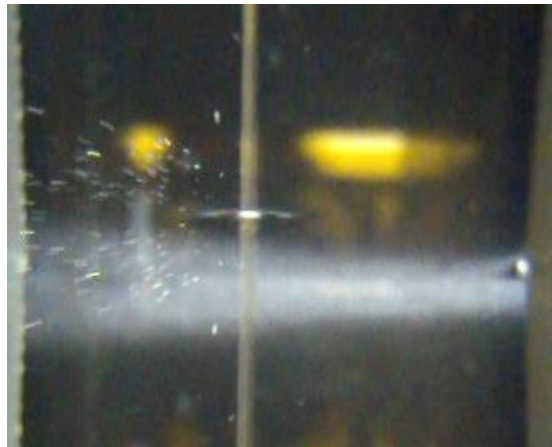
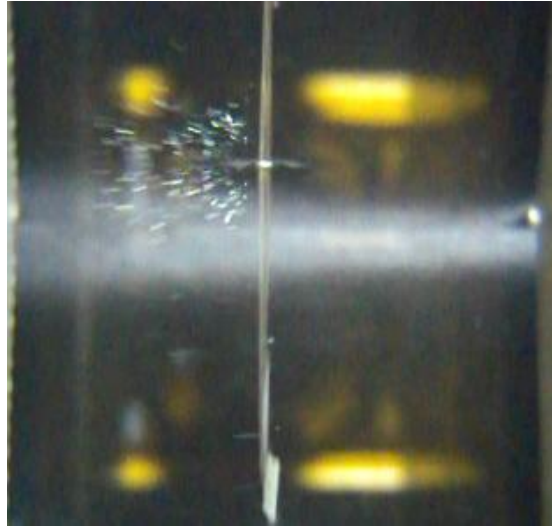


正極

負極

胡椒粉

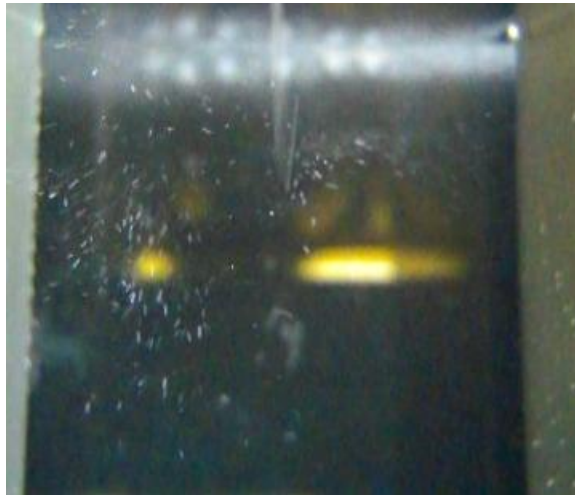
time



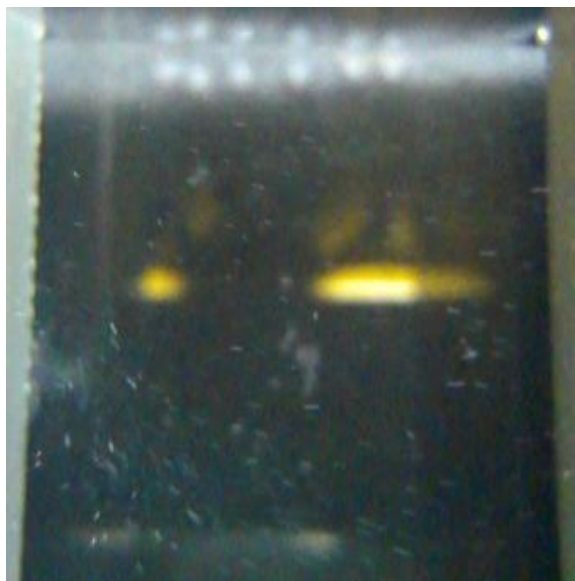
正極

負極

麵粉



time



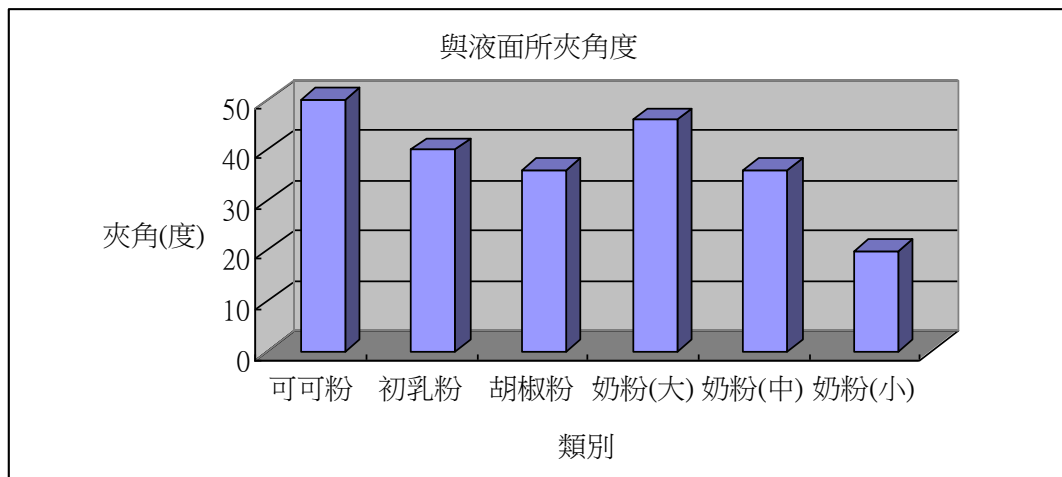
正極

負極

4. 粉末帶電量

(1) 結果：

粉末類別	與液面之夾角
可可粉	50°為主 / 少數 70°
初乳粉	40°為主
胡椒粉	36°為主
奶粉(大顆)	46°為主
奶粉(中顆)	36°為主/少數 20°
奶粉(小顆)	20°為主/少數 35°



小結:與液面所夾之角度可可粉>奶粉(大)>初乳粉>胡椒粉=奶粉(中)>奶粉(小)

(2) 討論：

1. 在液體當中重力、電力及黏滯力三力平衡時，粉末將與液面夾一固定角度。

而此角度大小與荷質比恰成反相關，故夾角越大者，理論上荷質比越小

，噴發量越少，反之亦然。但理論預測與結果不符，可見粉末在高壓尖

端上時，其帶電量會改變，進而影響不同粉末間噴發量之關係。

(四)目的(六)、目的(七)、目的(八)總結果

1. 我們發現不同粉末之噴發量有明顯差異。
2. 我們發現不同粉末之大小、質量有明顯差異。
3. 大多數粉末帶負電，唯咖啡粒及麵粉及部分太白粉帶正電。
4. 原本帶正電之粉末在高壓尖端上亦會噴發，且經測試噴後為負電。
5. 粉末之近似荷質比之大小為可可粉<奶粉(大)<初乳粉<胡椒粉
=奶粉(中)<奶粉(小)

(五)目的(六)、目的(七)、目的(八)總討論

1. 不同粉末間大小、質量之差異，可能對噴發量造成影響。但噴發量並非與質量呈負相關。
2. 極可能因高電場下解離之負離子沾附，導致原本帶正電的粉末轉為負電而被斥離。

四、定量總討論

經過一系列實驗，我們暫時排除先前定性所假設因素中的二種：庫倫噴發及單純電斥力的可能性。因此未在前述各項討論中列出兩者之解釋。以電漿風為基礎解釋，列出粉末噴發之可能機制：

- (一)推論一：當環境溼度提升時，可能導致高壓尖端之電荷逸散，使噴發量降低。
- (二)推論二：當粉體溼度提升時，粉體可能更容易吸附空氣中的離子，使噴發量提升。但仍有最大穩定電荷容許量。
- (三)推論三：在特定電壓下，會使環境中空氣離子濃度增加。但離子在附著於奶粉上的過程易受環境溼度及電場大小的影響。

(四)推論四：週遭不同空氣成分對電子抓附能力之差異，可能使尖端之電壓以及空氣離子量改變，進而使噴發量改變。

(五)推論五：直接增加空氣離子濃度，可能因不對尖端電壓產生太大影響，而與噴發量呈正相關。

(六)推論六：原是正電的粉末，可能吸附高壓尖端游離之負離子而帶上額外負電。

陸、結論與應用

一、儀器結論

- (一)自製 PERE 經過多次改良，可提供誤差小的實驗數據，且操作流暢。
- (二)自製真空裝置可提供低氣壓環境，但仍有容器強度及屏幕穩定性兩問題待改進。
- (三)自製外加電場裝置可提供一定範圍之電壓並可量測，可用來辨別已噴發粉末之電性。
- (四)自製液內運動研究裝置，可提供無空氣環境進行粉末在高電場下運動行為之研究，但其精確度不足以量測粉末帶電量。

二、定量結論

- (一)環境溼度提升，導致高壓尖端之電荷逸散，而使奶粉噴發量降低。
- (二)粉體溼度提升時，粉體更容易吸附空氣離子，而使奶粉噴發量提升。
- (三)添加氧氣，同時增加負離子沾附量及降低尖端電壓，故對奶粉噴發量影響不明顯。
- (四)添加二氧化碳，同時減少負離子且對尖端電壓的降低效應不大，故減少奶粉噴發量且其減少量不與添加量呈正比。
- (五)以 UVC 紫外線照射，增加空氣中負離子，而使奶粉噴發量增加。
- (六)雨天因雨滴與空氣摩擦而產生較多負離子，而使奶粉噴發量增加。
- (七)直接以負離子沾附奶粉，因其可穩定留存的電荷量有極限，故噴發量並未與負離子添加量呈正相關。

(八) 不同粉末之噴發量比較並未與其質量有絕對相關。

(九) 原為正電的粉末，可吸附高壓尖端游離之負離子而帶上額外負電。

三、 總結論與應用

粉末帶靜電之途徑除了摩擦起電之外，也可直接吸附環境中離子。且此吸附能力隨粉體溼度增加而增強。同時，其帶電能力會受到最大電荷穩定量的限制，超額電荷則容易受高電場影響而脫離。此外，此吸附效應可改變粉末之原電性。

本研究指出，在考慮粉末靜電成因時，應納入粉體對環境離子吸附之現象。

本研究結果之可能應用，未來太空推進器中有一種離子噴射引擎，其原理是利用電場加速游離後的空氣離子，形成離子噴流，並進一步利用此噴流之反作用力推動飛行器。目前之設計中因為空氣離子質量非常小，就算加至高速所獲得的推進力仍不足以使推進器脫離地球表面重力場，我們考量到沾附空氣離子而帶電的粉末，其質量遠較空氣離子本身大，理論上經由適當的質量調控應能產生較大的推進力。或許，日後繼續研究找出最適合的特質粉末，可經由空氣離子沾附之作用形成一種推進力來源。

柒、參考文獻

- 一、王行達、田麗文、李佳榮(2008)，物理(上)(第八版)，全華圖書
- 二、賴耿陽(2002)，電漿工學的基礎(第三版)，復文書局
- 三、Dennis R.Heldman，Richard W.Hartel(2005)，食品加工原理(初版)，藝軒
- 四、黃錦煌、吳佐群(2004)，輕鬆易學有限元素分析大師 FEMLAB(初版)，高立
- 二、朱元南(1991)，稻米、玉米及奶粉介電性質與其含水率、密度、粒徑和頻率之關係，行政院國家科學委員會
- 三、林昀(2010)，以噴射式大氣電漿進行具奈米結構金屬氧化物之製程之研究，國立臺灣大學化學工程學研究所碩士論文
- 四、翁巧苓(2005)，環境中空氣負離子產生方式之研究，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文
- 五、顏麗凰(2004)，利用水滴破碎產生空氣負離子之研究，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文
- 六、紫外線 Ultra Violet, UV 的功能，雷鈹科技股份有限公司
<http://www.lasers.com.tw/?f=Water-Ultra-Violet>
- 七、負離子放電方式，富歲高科技有限公司 <http://www.thesun.com.tw/anion-2.php>

評語

本作品揭示微細粉末在電場下的噴發行為，相當有趣。有自創的儀器設計，更值得鼓勵。但該主題結果下，仍留下非常多有關條件的嚴格控制問題，以及對現象的解釋不夠周全。