

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

佳作

080821

磁性去塵靈黏土的重新組合及應用

學校名稱：臺北市松山區敦化國民小學

作者： 小五 田青艷 小五 林姿妤	指導老師： 柯筱瑩
-------------------------	--------------

關鍵詞：去塵靈、磁性黏土、清潔

作品名稱：磁性去塵靈黏土的重新組合及應用

摘要

市售去塵靈是一種清潔軟膠，其能有效沾黏鍵盤細縫的灰塵，但對於深層細縫的灰塵仍無法清除，於是從科學玩具—磁性黏土發想，結合鐵粉和自製去塵靈，重新組合成「磁性去塵靈黏土」，研究出更佳의清潔效果，並探討新的加值應用。

我們發現：(一) 市售去塵靈加入鐵粉後，黏性、延展性和吸附力不會受影響，有一樣的清潔效果。(二) 可自製與市售去塵靈一樣性質的去塵靈，並找出最適當的配方比例(三) 透過磁鐵的吸力，磁性去塵靈黏土可以吸附底層細縫的髒污。(四) 磁性去塵靈黏土最適合應用在管線清潔。

並研究利用電磁鐵可以發揮強效磁力與控制磁力的特性，放置在管線兩端以輔助管線內磁性去塵靈能均勻受到磁力，使其在管線內移動清潔。

關鍵詞：去塵靈、磁性黏土、清潔

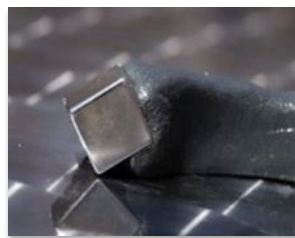
壹、研究動機

市售去塵靈，是應用在清潔灰塵的一種黏膠，又以瑞士專利品牌Cyberclean最為有名，它的成份與自己調製的史萊姆成分相似，是利用其具可塑性、黏性以及延展性所做的應用發明。而科學玩具-磁性黏土，則是利用磁鐵的吸力，誘導已加入鐵粉的黏土產生細膩的運動，讓磁性黏土可以被延展當做趣味遊戲。

市售的去塵靈並不便宜，雖然可以有效清潔鍵盤灰塵，卻無法完整清潔鍵盤底層污垢，因此我們想改良並自製便宜環保的去塵靈，故結合國小自然課單元：磁性、力與運動，並從市售磁性黏土取得靈感，再參考文獻資料，決定將兩樣重新調配組合，製作『磁性去塵靈黏土』。

自製的去塵靈若加上鐵粉，是否依然具有一樣的黏性、吸附力和延展性？搭配磁鐵的吸力，可否發揮更佳的清潔作用（如清潔管線）？這些有趣的調配過程和其中原理，吸引我們進行研究，找出它的最佳應用方法。

市售 Cyberclean



市售磁性黏土

貳、文獻探討

一、去塵靈的成分及清潔應用

Cyberclean（台灣代理品牌命名為去塵靈）是瑞士研發出的全球專利配方，軟膠狀材質可輕易伸入凹凸細縫中，強力黏除灰塵、毛髮、碎屑，強調的效果有：實驗證明有效消滅常見的細菌、不殘留、不損傷物品表面，環保配方可自然分解對人體無害（出自官網說明）。強力黏膠是高分子聚合物，歷屆科展中，「自製無毒粘土之研究」及「大家一起來玩黏巴達」是較為相關的研究，後者將自製的「零漬靈」與市售 Cyberclean，用不同的實驗做一系列的比較，發現自製產品吸附塵土的效果較佳，呈現中性，且具有耐清洗之特性，效果不遜市售去塵靈。

二、去塵靈加鐵粉後與磁鐵的作用

綜觀文獻資料尚未發現去塵靈（或相關高分子聚合物）融合鐵粉（或四氧化三鐵）的清潔應用研究，吳震裕/「導磁性黏土/高分子奈米複材之製備與物性分析」研究將磁性氧化鐵吸附於黏土水溶液形成磁性黏土，再將磁性黏土混摻到聚乙烯醇高分子中，形成奈米複合材料。

科學玩具磁性粘土的製作材料為磁性粒子和軟性黏土，它會因為不同的施力速度與方式呈現不同的材質特性。根據科技部高瞻自然科學教學平台廖旭茂老師撰寫製作磁性異形的原理，主要是高分子聚合物的交聯反應和四氧化三鐵的亞鐵磁性。為何橡皮泥會被磁鐵吸引？磁性粒子在磁場中均指向它的磁性方向時被稱為順磁性，若其不同磁性粒子所指的方向相反，其效果相互抵消稱為反磁性，而不同磁性粒子所指的方向相反且有強弱之分，其產生的效果不能全部抵消則稱為亞鐵磁性，四氧化三鐵因具有亞鐵磁性，故可被磁鐵吸引。此可證明於去塵靈中加入鐵粉，使其與磁鐵作用是可被討論驗證的。

三、磁性去塵靈在管線清潔的應用

管線清潔主要利用高週波儀器和檸檬酸水溶液，文獻上尚未有以黏膠混合其他材料進行管線清潔的報告。在強化本研究的清潔應用面上，依據鐵粉或四氧化三鐵具亞鐵磁性可被磁鐵控制伸展的原理，我們探討電磁鐵取代永久性磁鐵與管線內磁性去塵靈產生作用的可行性，推論未來環保的物理化清潔裝置。

參、研究目的

- 一、自製有清潔效果的去塵靈，並與市售去塵靈比較。
- 二、自製去塵靈黏土加入鐵粉後性質不變。
- 三、自製去塵靈黏土加入鐵粉後，可被磁鐵操控。
- 四、分析自製磁性去塵靈黏土的最佳清潔應用方法。

肆、研究設備及器材

表 1 研究設備及器材

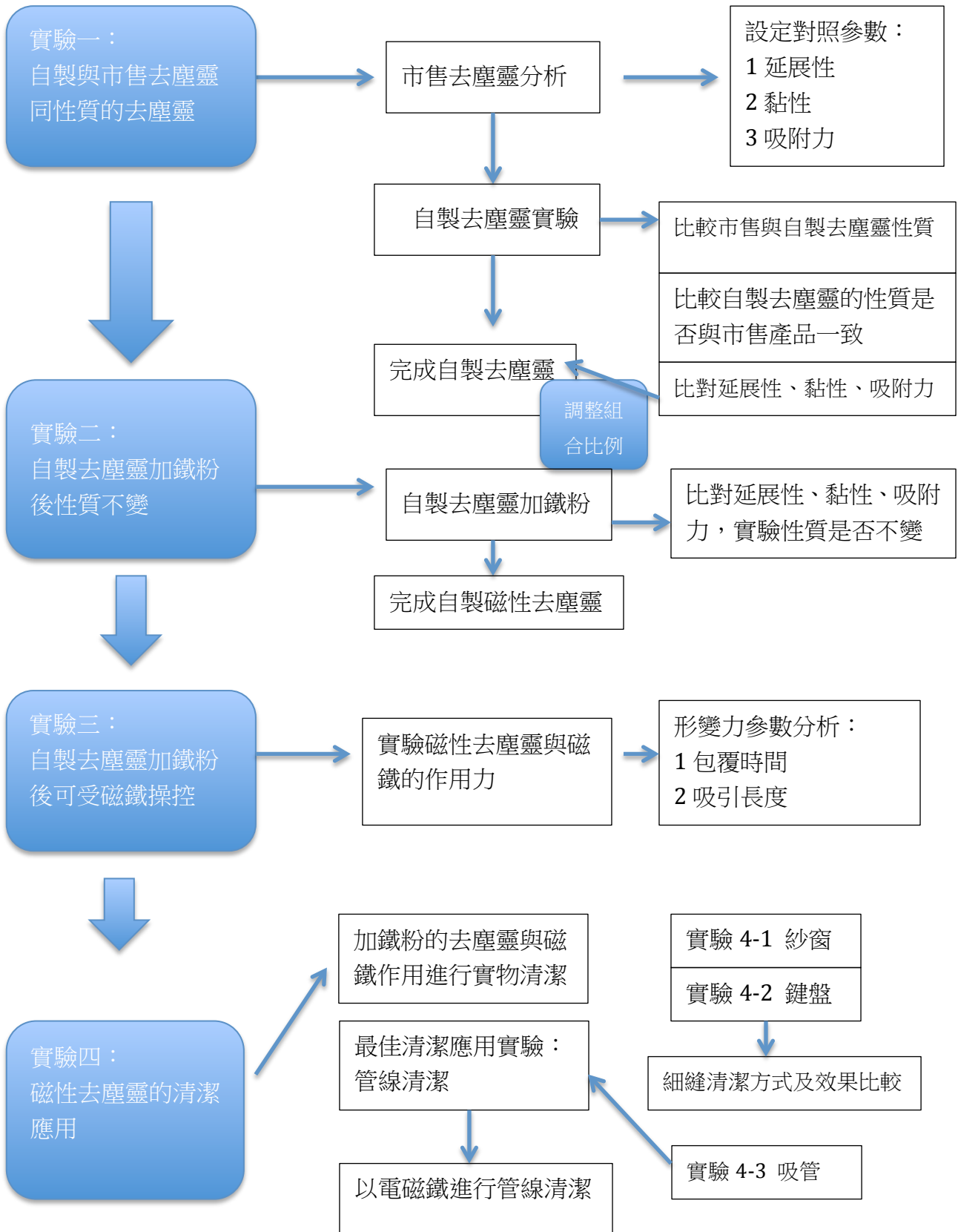
自製去塵靈材料及實驗器材	膠水、白膠、鐵粉、硼砂、燒杯、量杯、滴管、電子秤
去塵靈延展性測試工具	針筒、切割版、尺、計時器、切割板
去塵靈吸附力測試工具	咖啡粉、量杯
去塵靈形變力測試工具	強力磁鐵、鐵粉、切割板、計時器
電磁鐵清潔模型器材	電池、漆包線、膠布



*有關研究設備的實驗方式和照片請見各實驗的實驗過程

伍、研究過程

表二 研究架構



實驗一 自製與市售去塵靈同性質的去塵靈

一、實驗構想

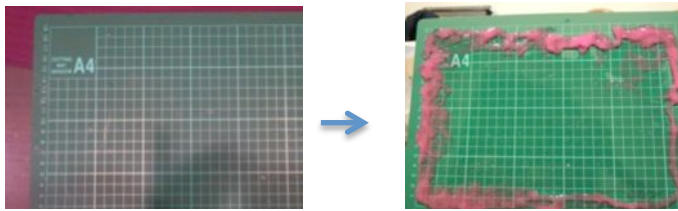
我們先分析市售去塵靈（Cyberclean）的成份，並設定測試延展性、黏性和吸附力的方法，以此作為後續自製去塵靈的對照參數，若符合參數即表示自製產品的性質符合市售產品，本研究的重點在於自製去塵靈加鐵粉後的清潔力優勢探討，因此以與黏膠清潔作用較相關的黏度、吸附力為優先比對條件。

二、實驗過程與結果

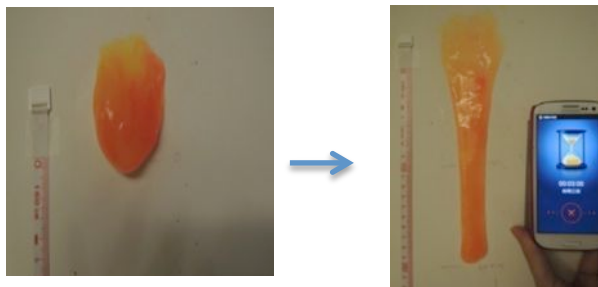
（一）實驗 1.1 測試市售去塵靈（Cyberclean）的延展性、黏性與吸附力

1、實驗步驟：

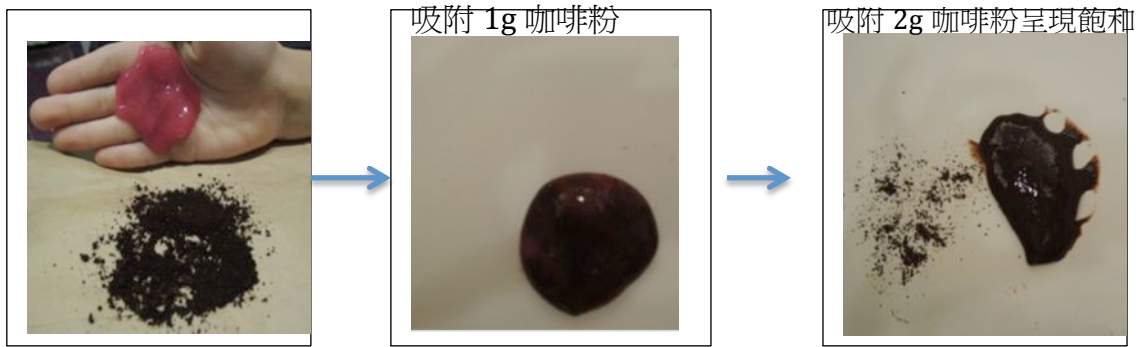
- （1）取 30g 的市售去塵靈為測試基準，以兩手等力將市售去塵靈均勻攤開在切割板上，切割版長 27cm、寬 19cm（面積為 513 平方公分），以攤開後達到 513 平方公分為延展性參數。



- （2）黏性是一種用來描述液體流動難易程度的物理量，我們以液體流速簡易測試法，測量市售去塵靈的黏性。將 30g 市售去塵靈黏在牆壁上，在同樣摩擦力的條件下，以固定時間的黏土流動長度計算黏性參數，本實驗以三分鐘測試黏土流動多少公分為基準。



- （3）以咖啡粉代表去塵靈可吸附的灰塵，將 30g 市售去塵靈均勻沾黏不等量的咖啡粉，其可以吸附灰塵的飽和量，作為吸附力參數。



2、實驗分析與結果

(1) 取樣 30g 的市售去塵靈，實驗後取得三種參數如下：

項目	延展性	黏度	吸附力
測試工具或材料	切割板	尺、計時器	量杯、電子秤、咖啡粉
單位	平方公分	cm/min	公克
參數數據	513	6.7	2

(2) 後續自製去塵靈實驗，將以上述三種參數作為對照依據。

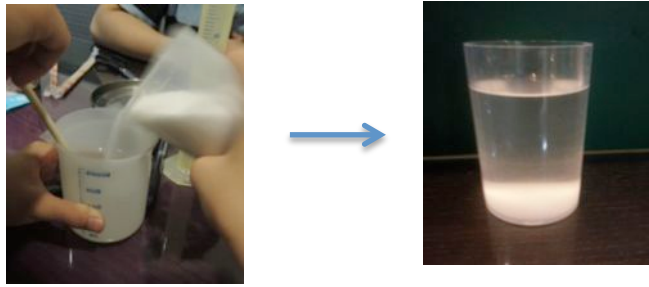
(二) 實驗 1.2 自製去塵靈

1、實驗步驟：

(1) 比較市售去塵靈及自製類似產品的成份及功能。(表 3)

類別	成分	功能
市售去塵靈 (Cyberclean)	螢光劑、硼酸、防腐劑 及殺菌劑	環保配方可自然分解 不會傷及物品的表面 軟膠狀材質，可輕易伸入凹凸細縫 中，黏除灰塵、毛髮、碎屑
史萊姆	硼砂、含聚乙烯醇的膠 水(或白膠)	軟膠狀材質，依不同調配比例可任 意塑型或製成彈力球。
自製去塵靈	同上	預期做出市售去塵靈的相同功能

(2) 調製交聯劑-飽和硼砂水溶液:依據莫耳濃度計算，攝氏 25 度下一公升的水最多可溶解 31.3g 的硼砂。故在 200CC 的水中加入 10g 的硼砂，攪拌使其溶解，會有一部分無法溶解的粉末沉在杯底，取杯中上段充分溶解的硼砂水，即為飽和硼砂水溶液。



(3) 取不同成分的高分子聚合物：膠水、白膠，與飽和硼砂水溶液進行交聯作用，調配出最趨近市售去塵靈性質的自製去塵靈。在主成分為聚乙烯醇的膠水或白膠中逐次加入不同比例的硼砂水溶液進行實驗，記錄成品狀態，包含延展性、黏性、吸附力等數據。



依據上述實驗記錄結果，確認是否可以自製與市售去塵靈功能一樣成品。

2、實驗分析與結果

(1) 以 30g 膠水與不同容積的飽和硼砂水溶液調配，結果對照市售去塵靈參數

表 4

硼砂水溶液(cc)	延展性(cm ²)	黏性(cm/min)	吸附力(g)	外觀說明	圖片
6	30	無	無	透明稠狀 聚合比例 20% 無法延展	
8	30	無	0.5	透明稠狀 有黏性 聚合比例 70% 延展範圍極小	

10	80	53cm/min	0.5	透明稠狀 有黏性 聚合比例 90% 可延展，但效果差	
12	100	32cm/min	1	透明稠狀 有黏性 聚合比例 95% 可延展，但未達到市售去塵靈標準，且水份偏高	

(2) 以 30g 白膠與不同容積的飽和硼砂水溶液調配，結果對照市售去塵靈參數

表 5

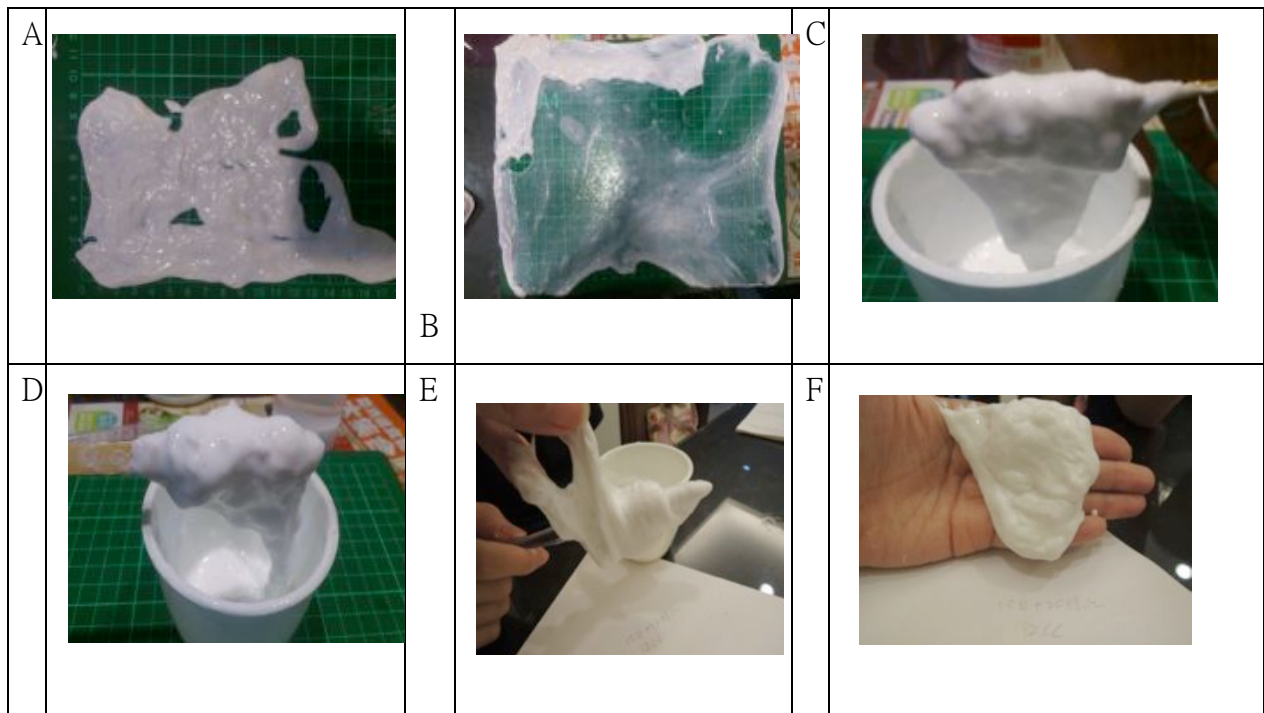
硼砂水溶液 (cc)	延展性 (cm ²)	黏性 (cm/min)	吸附力 (g)	外觀說明	圖片
6	無	108	無	黏稠但無法塑型 聚合比例 50% 無法延展	
8	30	70	0.75	黏稠 聚合比例 90% 可部分延展	
10	136	0.67	2	非常黏稠有彈性 並可塑型 聚合比例 100% 可延展，但不易拉扯	

(3) 以白膠和膠水混合，再與不同容積的硼砂水溶液調配，結果對照市售去塵靈參數

表 6

白膠/膠水比例 (g)	硼砂水溶液 cc	延展性 (cm ²)	黏性 (cm/min)	吸附力 (g)	參數對照說明
(A)白膠 20/膠水 10	10	324	7.5	1.5	黏性參數一樣，但延展性、吸附力未及市售去塵靈標準。
(B)白膠 20/膠水 10	12	513	6.0	2	延展性、吸附力參數趨近市售去塵靈，黏性稍大。
(C)白膠 10/膠水 20	10	513	8.0	1.5	延展性參數趨近市售去塵靈，黏性稍小吸附力不足。
(D)白膠 10/膠水 20	12	513	7.7	1.3	延展性、黏性參數趨近市售去塵靈，吸附力不足。
(E)白膠 15/膠水 15	10	513	8	2	延展性、吸附力參數趨近市售去塵靈，黏性稍小。
(F)白膠 15/膠水 15	12	513	7.8	2	延展性、黏性、吸附力參數趨近市售去塵靈。

實驗圖片：



3、實驗結論

- (1)實驗發現，一樣重量的白膠或膠水，以同樣比例的飽和硼砂水溶液進行交聯作用，延展性、黏性、吸附力的測試結果不同，膠水交聯後成糊狀不易塑型，白膠交聯後可塑型且不黏手，但彈性過硬。
- (2)以不同比例的白膠和膠水混合後，再與飽和硼砂水溶液進行交聯作用，效果較好，從六組實驗中發現，最趨近市售去塵靈的組合比例為 F 組：15g 白膠+15g 膠水+12CC 飽和硼砂水溶液，延展性、黏性、吸附力均達到市售去塵靈的對照參數。

三、實驗結果討論

- (一)、針對黏性的測試方法，先嘗試科展作品中測試膠帶初黏性的斜面滾球法，並製作測試裝置，因去塵靈的黏性不及膠帶，測試時圓球在加速度下會滑過攤開的去塵靈表面，因此改用更為簡易的流體測速法。
- (二)、本實驗設定三項參數作為市售去塵靈與自製去塵靈性質是否趨近一致的對照，實驗後發現，可以增加對照項目，如彈性、含水度等，使兩者的對照更為明確。因本實驗的主旨在於研究加上鐵粉的去塵靈之清潔應用，因此是否製作出完全與市售去塵靈一模一樣的去塵靈並非必要條件。

四、結論

實驗證明可利用聚乙烯醇和硼砂水溶液的交聯作用，以容易取材的材料，簡易自製更環保的清潔用去塵靈。

實驗二 自製去塵靈加鐵粉後性質是否不變

一、實驗構想

實驗一自製的去塵靈加上鐵粉後性質是否不變？我們將測試加入鐵粉後的自製去塵靈其延展性、黏性和吸附力是否與未加入鐵粉的自製去塵靈一樣。若結果一致，表示自製去塵靈加鐵粉後性質不變。

二、實驗過程與結果

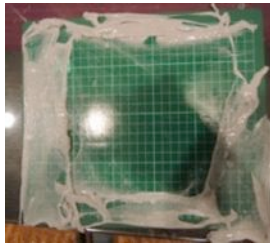
- (一) 實驗 2-1 自製的去塵靈加入不同比例的鐵粉，測試其延展性、黏性和吸附力

- 1、實驗步驟

(1) 將鐵粉灑在自製去塵靈中，邊摻邊揉的將鐵粉與去塵靈混合。



(2) 依據市售去塵靈的參數測試方法，測試各項數據，並進行對照比較。



2、實驗分析結果

表 7 市售去塵靈與自製去塵靈實驗參數對照比較

項目	延展性	黏度	吸附力
單位	平方公分	cm/min	公克
市售去塵靈對照參數	513	6.7	2
自製去塵靈實驗參數	513	7.1	2

3、實驗結論

自製去塵靈加入鐵粉後，其延展性、黏性和吸附力均趨近未加鐵粉的自製去塵靈。

三、實驗結果討論

- (一)、實驗發現，自製去塵靈加鐵粉後，對照參數大致與未加鐵粉時相同，但黏性測試時膠體的流動速度稍快，從手感和外觀上判斷，去塵靈吸附鐵粉後，可能視同參入雜質致黏土較為沾手。
- (二)、加入鐵粉後進行吸附力測試，飽和的吸附力維持 2g 的咖啡粉，但鐵粉加入量的多寡是否會影響去塵靈的吸附力？我們另外以 0.5g、0.6g、0.8g、1g 的鐵粉分別加入去塵靈中，發現鐵粉越多，吸附咖啡的飽和容量會遞減。

四、結論

自製去塵靈加入鐵粉後成為磁性去塵靈，從吸附力測試中發現加入鐵粉後一樣可發揮沾黏咖啡粉（灰塵）的清潔功能。

實驗三 自製去塵靈加鐵粉後是否可受磁鐵控制

一、實驗構想

市售磁性黏土利用磁鐵的吸力誘導黏土產生細緻的移動，自製的去塵靈加入鐵粉後，是否可受磁鐵控制產生移動現象？若測試磁性去塵靈與磁鐵作用後產生的形變力，如以去塵靈受作用後移動的長度和磁鐵被去塵靈包覆的時間為參數，則可判斷磁性去塵靈是否可受磁鐵的控制。

二、實驗過程與結果

（一） 實驗 3-1 實驗市售去塵靈加入鐵粉後，是否可受磁鐵控制

1、 實驗步驟

- (1) 取 30g 市售去塵靈，加入不同比例鐵粉，再以直徑 1cm 的強力磁鐵當做控制變因。
- (2) 測試市售去塵靈是否會因為加入不同比例的鐵粉而產生不同程度的形變，測試形變的方法：
 - A 看磁鐵放大概多遠，對去塵靈黏土有影響--測長度
 - B 把磁鐵放於磁性去塵靈黏土中間，看磁鐵多快被吞噬--測時間



加入不同比例的鐵粉，磁鐵被吞噬的時間不同

2、 實驗分析結果

表 8 市售去塵靈加鐵粉與磁鐵之控制變因、操縱變因及形變測試結果

控制變因		操縱變因	形變力測試結果	
市售去塵靈	強力磁鐵	鐵粉	形變力（長度）	形變力（時間）
30g	直徑 1cm	0.2g	吸引長度：3 cm	包覆時間：17 秒
		0.35g	吸引長度：4 cm	包覆時間：14 秒
		0.5g	吸引長度：5 cm	包覆時間：13 秒

3、 實驗結論

加入鐵粉的去塵靈可與磁鐵產生作用力，鐵粉量越多，形變力越強。

(二) 實驗 3-2 實驗自製去塵靈加入鐵粉後，是否可受磁鐵控制

1、實驗步驟

- (1) 取 30g 的自製去塵靈，加入不同比例的鐵粉，再以直徑 1cm 的強力磁鐵當做控制變因。
- (2) 與市售去塵靈的測試方式相同，在自製去塵靈中加入不同比例的鐵粉，測試形變力



2、實驗分析結果

表 9 自製去塵靈加鐵粉與磁鐵之控制變因、操縱變因及形變測試結果

控制變因		操縱變因	形變力測試結果	
自製去塵靈	強力磁鐵	鐵粉	形變力 (長度)	形變力 (時間)
30g	直徑 1cm	0.2g	吸引長度：3.4 cm	包覆時間：36 秒
		0.35g	吸引長度：4 cm	包覆時間：33 秒
		0.5g	吸引長度：5 cm	包覆時間：15 秒

3、實驗結論

加入鐵粉的自製去塵靈可與磁鐵產生作用力，鐵粉量越多，形變力越強。與實驗 3-1 比較，鐵粉量在 0.5g 時形變力的參數最為相近，鐵粉量較少時，自製磁性去塵靈完全包覆磁鐵的秒數較長，但不影響實驗目的。

三、實驗結果討論

透過形變力的實驗，去塵靈可以透過磁鐵的吸力緩慢移動，鐵粉量越多可受作用的長度越長。推測鐵粉量、磁鐵強度亦會與去塵靈最大移動長度成正比，但因非本研究參考必要條件，因此未再探討。

實驗四：磁性去塵靈的清潔應用

一、實驗構想




本研究主要在探討磁性去塵靈的清潔應用，因此在證明加入鐵粉的自製去塵靈性質不變，並可與磁鐵產生作用力後，下一步我們要針對磁性去塵靈在生活物品的清潔方式和功效進行實驗，找出磁性去塵靈最佳的清潔用途。

二、實驗過程與結果

(一) 實驗 4-1 以磁鐵控制去塵靈 vs 以手控制去塵靈的效果比較

1、實驗步驟

- (1) 市售去塵靈需以手握或滾動的方式沾黏灰塵，依據實驗 1-1 的作法，我們以手控制自製去塵靈動沾黏均勻灑在桌面的咖啡粉，計算吸附力。
- (2) 利用磁鐵代替手動，從下控制磁鐵導引磁性去塵靈沾黏咖啡粉，測試吸附力

步驟一	步驟二	步驟三
		
於墊版下放磁鐵，導引去塵靈的方向	去塵靈逐漸吸附咖啡粉	掀開去塵靈背面，確認吸附狀態

2、實驗分析與結果

表 10 以磁鐵控制 vs 以手控制去塵靈的效果比較表

清潔方式	吸附力（咖啡粉）	完全吸附時間
手動沾黏	2g	10 秒
磁鐵導引	0.2g	無法完全吸附，且時間很長

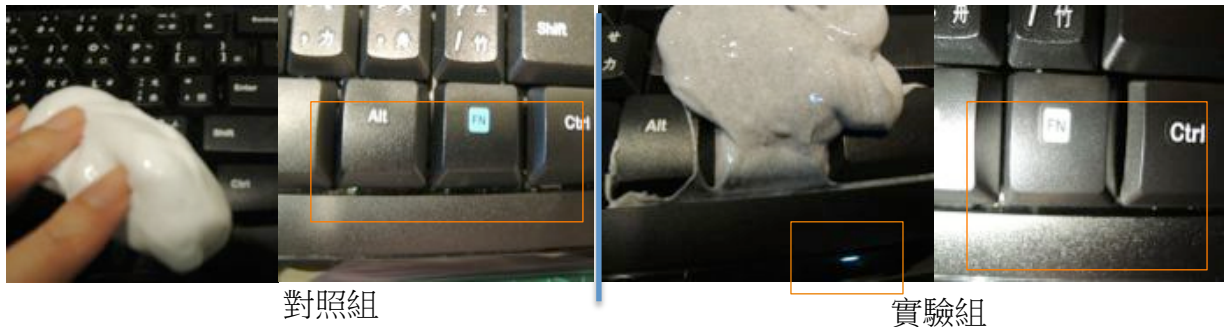
3、實驗討論

用磁鐵導引磁性去塵靈吸附咖啡粉確實可行，但因為磁鐵的控制面積小，控制力道弱，去塵靈僅能產生緩慢移動，受磁鐵控制去接觸咖啡粉的部份才能產生吸附現象，因此，在平面上用磁鐵吸附的清潔效果不如手動沾黏的好。

(二) 實驗 4-2 磁性去塵靈在鍵盤的清潔實驗

1、實驗步驟

- (1) 手拿 30g 的自製去塵靈以滾動方式沾黏鍵盤上的灰塵，記錄清潔後的效果，作為對照組。
- (2) 磁鐵置於鍵盤下方，同樣重量的磁性去塵靈放在鍵盤上，記錄局部清潔後的效果，作為實驗組。



2、實驗分析與結果

- (1) 對照組：以滾動或手按壓的方式控制市售去塵靈，無法深入鍵盤底層，仍可見到底層細縫的細屑。
- (2) 實驗組：磁性去塵靈受磁鐵吸力深入底層細縫，黏土從鍵盤移除後，對照組實驗中未清除的細屑可被清除。

3、實驗討論

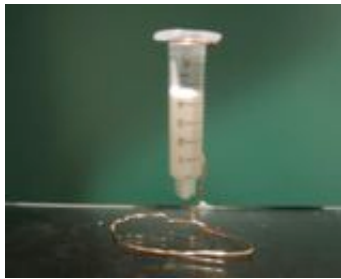
- (1) 雖然磁性去塵靈可以透過磁鐵的吸力深入縫隙，但多大的磁鐵與摻入多少鐵粉的去塵靈可以發揮最大的作用力？被清潔物品的厚度要限制多少才能讓磁鐵發生吸力？這部份都需要多次實驗進行計算。
- (2) 磁性去塵靈清潔並不適合 3C 產品，磁鐵可能會干擾精密零件而有故障風險。
- (3) 我們從實驗中亦產生疑問：未加鐵粉的去塵靈在一段時間後是否也會受引力作用深入底層沾黏細屑？磁性去塵靈因為磁鐵的作用在深層細縫的清潔中發揮了多少效果？因此，決定針對磁鐵對深層細縫的吸力和清潔效果做對照實驗（實驗 4-3）。

(三) 實驗 4-3 自製去塵靈 vs 磁性去塵靈對深層細縫的吸力比較

1、實驗步驟

- (1) 製作測試工具：以鐵絲折出立架，放置 5cc 小針筒，測試針筒內去塵靈從刻度 0 流過底部針頭管（長度 1cm）的時間。

- (2) 將一樣鐵粉比重的磁性去塵靈(2g)放入實驗裝置中，下面放置不同磁力的磁鐵，測量黏土流過針頭管的時間。



未置磁鐵 vs 放置磁鐵



2、實驗分析與結果

表 11 自製去塵靈 vs 磁性去塵靈對深層細縫的吸力時間比較

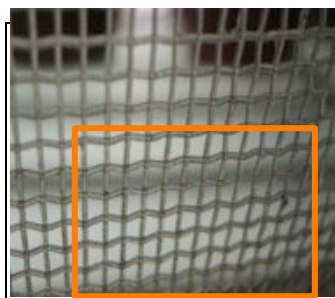
項目	磁力	流過針頭管的時間
去塵靈	無	6 分 58 秒
磁性去塵靈	直徑 1 公分的強力磁鐵 x2	1 分 25 秒
	直徑 0.5 公分的強力磁鐵 x2	3 分 33 秒

3、實驗討論

- (1) 從實驗得知，一般去塵靈不受磁鐵吸力下，仍可流到底層細縫，但時間較久，而磁性去塵靈因為磁鐵的吸力，加速它流過針頭管的時間，且磁力越強流動速率越快。
- (2) 從鍵盤上下面的清潔實驗中，或許只能看到磁鐵發揮使去塵靈加速流動的功能，但磁鐵的另一優點在於可任意移動位置，進而導引磁性去塵靈至底層其他方位清潔，所以**磁性去塵靈在深層細縫的清潔上仍具優點：黏膠移動速度快、在底層的清潔面廣。**
- (3) 一般去塵靈即使緩慢深入底層，但不一定可以完全拔除底層沾黏，磁性去塵靈被磁鐵引導入底層細縫後，卻可以將磁鐵放於反面，將殘留黏膠吸引清除。

(四) 實驗 4-4 磁性去塵靈在紗窗的清潔實驗

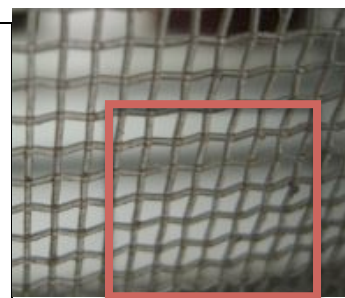
- 1、實驗步驟：將 30g 磁性去塵靈置於紗窗上，以磁鐵控制去塵靈移動，實驗清潔效果。



紗窗清潔前



磁鐵導引磁性去塵靈移動



清潔後，紗窗灰塵被黏除

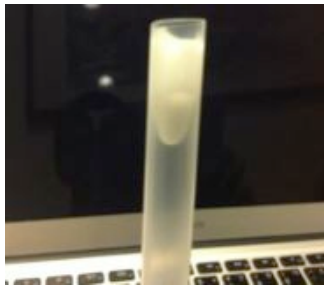
2、實驗分析與結果

磁性去塵靈運用在紗窗的清潔，效果並沒有一般去塵靈好，因為紗窗縫隙多容易卡住黏膠，若用手來控制去塵靈，可加速沾黏灰塵的時間，且磁鐵的作用力太慢，手動清潔的範圍反而會增加很多。

(五) 實驗 4-5 磁性去塵靈在吸管的清潔實驗

1、實驗步驟：

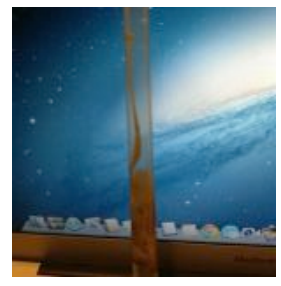
- (1) 對照組：吸管内放些許沾水的咖啡粉，再取 5g 未加鐵粉的去塵靈放入大口徑的吸管中，測試在管內的清潔效果。
- (2) 實驗組：吸管内放些許沾水的咖啡粉取 5g 加鐵粉的磁性去塵靈放入大口徑的吸管中，測試在管內的清潔效果。



對照組



實驗組



2、實驗分析與結果

- (1) 綜合實驗 4-1 至 4-4 的結論，磁性去塵靈因為可與磁鐵作用的優勢，我們假設：磁性去塵靈可以對彎曲、管壁易沾黏髒污的水管類物品發揮較好的清潔效果，因此本實驗以吸管做實驗。
- (2) 對照組的一般去塵靈無法在吸管内移動，必須利用筷子來回控制以擦拭管壁，實驗組的磁性去塵靈可以被磁鐵引導到管壁沾附咖啡水的位置，清除髒污。

3、實驗討論

實驗證明磁性去塵靈針對管壁可以發揮比一般去塵靈較好的清潔效果，因為可以運用磁鐵的吸力，導引到人力無法觸及卻又特別需要沾除污垢之處。因此，磁性去塵靈可以應用在管壁（如水管、管線）的清潔上。

實驗五 磁性去塵靈在管線的清潔應用實驗

一、實驗構想

從上一階段的實驗中，已經推論磁性去塵靈可以應用在管壁的清潔上，但受黏土清潔的面積小且清潔速度緩慢，於是我們思考改進方式，決定利用電磁鐵原理，以電磁鐵取代

強力磁鐵用更強的磁場來吸引管線內的磁性去塵靈移動，在移動過程中擦拭管壁髒污。若實驗可行，則證明以電磁鐵控制管線內的磁性去塵靈可為有效的清潔應用方式。

二、實驗過程與結果

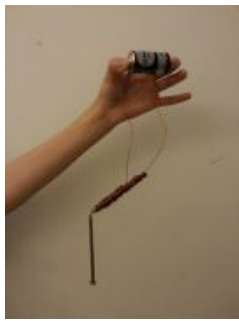
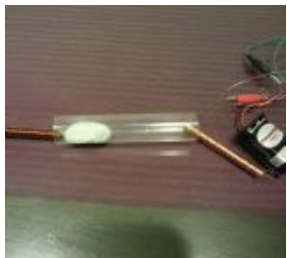
(一) 實驗 5-1 不同磁力的電磁鐵對管線內磁性去塵靈的作用力

1、實驗步驟



- (1) 以不同線徑的漆包線將不同大小的鐵芯匝起來，配合不同電流，製成磁力不一的電磁鐵。
- (2) 圓徑管線內放置磁性去塵靈，將電磁鐵的兩極放在管線外，測試電磁鐵的吸力是否造成管內去塵靈移動。

2、實驗分析與結果

第一組：

規格	說明	吸力描述	吸力實驗圖片	管線內去塵靈移動圖
漆包線線徑	0.37mm	可吸鐵釘，但無法控制磁性去塵靈移動		
鐵芯直徑	0.5cm			
匝數	8 圈			
電流	9v 乾電池			

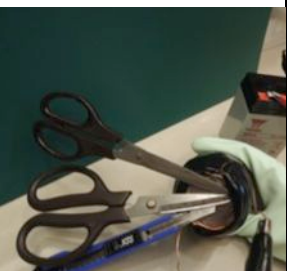

第二組：

規格	說明	吸力描述	吸力實驗圖片	管線內去塵靈移動圖
漆包線線徑	0.37mm	可吸剪刀，可近距離控制磁性去塵靈移動。		
鐵芯直徑	0.5cm			
匝數	8	電磁鐵與第一組規格一樣，但電流增強，磁力也增強。		
電流	12V 乾電池			

第三組：

規格	說明	吸力描述	吸力實驗圖片	管線內去塵靈移動圖
漆包線線徑	0.8mm	可吸剪刀,磁性去塵靈移動略為增長。 電磁鐵供應電流與第二組相同,但鐵芯面積加大、匝數增加,磁力也增強。		
鐵芯直徑	1.2cm			
匝數	18			
電流	12v 乾電池			

第四組：

規格	說明	吸力描述	吸力實驗圖片	管線內去塵靈移動圖
漆包線線徑	1.0mm	可吸多把剪刀,且磁性去塵靈移動的長度增長。 電磁鐵的磁場(鐵芯面積、匝數)和電流(改用緊急照明燈強力電池)增加,電磁鐵磁力也增強。		
鐵芯直徑	3cm			
匝數	20			
電流	6v 4AH 直流電			

3、實驗討論

- (1) 從四組的實驗結果分析,鐵芯切面大小、漆包線匝數和電流強弱的不同,電磁鐵的磁力會不同,磁力會影響管線內去塵靈的移動長度和速度。
- (2) 在第一組和第二組的實驗中,發現電磁鐵可以強力吸住剪刀,但吸住磁性去塵靈相對困難,從相關資料查詢中發現,與材料磁化的難易度有關,鐵粉屬於未完全磁化的生鐵,因此較不易被電磁鐵吸引。

三、實驗結果討論

- (一)、證明以電磁鐵控制管線內的磁性去塵靈,可使它在管線內移動清除髒污,但因為移動過於緩慢,還需要再研究改進方法。
- (二)、從實驗中模擬了電磁鐵 vs 磁性去塵靈的管線清潔流程：

將磁性去塵靈放在管線內→將電磁鐵兩極放在管線兩端→利用強大吸力,吸引管內磁性去塵靈在兩端移動→藉此清潔管線。



- (三)、電磁鐵可從供電源控制開關，故易於控制吸力的收放，可取代永久性磁鐵，增加清潔時的便利性。
- (四)、磁力的大小跟距離平方成反比，所以當磁性去塵靈放左端時，右端的電磁鐵的磁力要很強才可以將它吸到右邊去，從文獻中得知程式化控制線圈組的應用，或可作為日後再研究的參考方向，目的在於讓去塵靈可以從管線頭清到管線尾。

陸、研究結果

- 一、實驗一：以實驗市售去塵靈 Cyberclean 設定的延展性、黏性和吸附力參數為對照依據，自製符合參數的自製去塵靈。多次實驗的結果，發現以特定比例的白膠和膠水混合後再與飽和硼砂水溶液交聯，可製作符合市售產品性質的自製去塵靈，其參數相仿，實際進行清潔時，外觀、效果也一致。
- 二、實驗二&三：自製去塵靈加入鐵粉後性質不變，且因為鐵粉的磁性粒子所指的方向相反且有強弱之分具亞鐵磁性，故加入去塵靈中的鐵粉可被磁鐵吸引。實驗證明磁性去塵靈可被磁鐵操控。
- 三、實驗四：從電腦鍵盤的清潔實驗中，透過磁鐵可將磁性去塵靈導引到最深的細縫，進而吸附底層髒污。雖然一般去塵靈也會因為重力作用流到底層，但與磁鐵作用的磁性去塵靈可加速清潔的進行，並可導引黏土做在底層做左右或定位的移動清潔。
- 四、實驗四：根據磁性去塵靈在吸管實驗的發現，我們推論它可應用在管壁的清潔上，並針對強力磁鐵在管線清潔的局限性，繼續探討電磁鐵與磁性去塵靈在管線清潔上的應用模型。利用電磁鐵可改變磁力大小和控制磁力方向的原理，在管線兩端吸引管內磁性去塵靈移動清潔管線。

柒、討論

- 一、去塵靈或史萊姆的相關研究，在化學和生活應用類別有被討論過，歷屆科展中有著重高分子聚合物交聯作用的性質分析，也有分析 cyberclean 的成份，再依據各種材料自製清潔黏膠。我們的實驗則在假設磁性去塵靈是否可與磁鐵作用，並利用兩者作用的優勢，找出該組合最佳的清潔應用方法。
- 二、從文獻探討中得知，自製磁性異形（即磁性黏土）的使用材料中，以四氧化三鐵取代鐵粉，因為鐵粉容易氧化，鐵磁性也會隨時間慢慢消失。本實驗以鐵粉為材料，後續研究也會以四氧化三鐵調配在去塵靈中，測試與鐵粉的磁性差異度。
- 三、研究重要性：在於發現去塵靈加入鐵粉後可受磁鐵操控，並在管線清潔上發揮最佳的清潔效果。

四、未來展望：電磁鐵可從供電源控制開關，易於控制吸力的收放，並可隨電流強弱影響磁力大小，可應用在磁性去塵靈的管線清潔裝置上，本實驗雖證明電磁鐵可控制去塵靈緩慢移動，但效果並不顯著，又因磁力的大小跟距離平方成反比，磁性去塵靈距離磁鐵越遠，磁力越弱。未來我們會繼續研究改進方法，如利用程式化控制線圈，來讓磁性去塵靈可以均勻受到磁力並快速在管線內移動清潔。

捌、結論

從想改良市售去塵靈的清潔效果，再跟磁性黏土與磁鐵的有趣現象做聯想，興起了製作磁性去塵靈黏土的念頭，我們從研究中發現加入鐵粉的去塵靈，性質基本上未變，延展性、黏性和吸附力可以被保持，而且藉由磁鐵的吸引，甚至擁有超越一般去塵靈的應用，在部分特殊物品如管線的清潔上發揮效能。

目前管線的清潔主要利用檸檬酸水溶液以及高週波儀器，磁性去塵靈可以用簡易的材料製作，且具有環保和不傷害管線的特性，未來如果運用電磁鐵相互作用，在日常生活的清潔應用上還可以繼續被發展。

玖、參考資料及其他

- 一、好玩的鼻涕蟲-高分子聚合物與硼砂交聯作用性質之探討。2004年，取自 <http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=41&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=1348>
- 二、零漬靈-大家一起來玩黏巴達。第50屆中小學科學展覽會作品說明書。取自 <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/50/pdf/080820.pdf>
- 三、交聯作用 —— 聚乙烯醇與硼砂的美麗邂逅。2009年3月。取自 <http://www.shs.edu.tw/works/essay/2009/03/2009032717280754.pdf>
- 四、藤瀧和弘著。世界第一簡單電學原理。世茂出版社。2009年。
- 五、化學教室_自製磁性異形。2013.6月科學研習。取自 file:///Users/apple/Downloads/52-6-6_化學教室_自製磁性異形_1728.pdf
- 六、鐵磁流體之備置與研究。中華民國第49屆中小學科學展覽會作品說明書。取自 <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/030213.pdf>

【評語】 080821

本作品利用簡單的材料製作去塵靈並加入鐵粉增加材料的清潔效果，非常具有創意也可解決目前的去塵靈現在有的問題，值得鼓勵。