

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

080507

「塵」「酸」成對

學校名稱：桃園縣八德市大安國民小學

作者：	指導老師：
小六 林沂瑩	張致偉
小六 李珮玄	程柏璋
小六 邱梓涵	
小六 邱顯杰	
小四 潘奕丞	
小四 吳祐震	

關鍵詞：落塵、酸雨、pH 值

「塵」「酸」成對

摘要

酸雨是工業文明後的負面產物，近年來由於臺灣各項工業的蓬勃發展，空氣污染問題也隨之日益嚴重。

我們所使用的石油、煤等石化燃料，排出大量的污染物，造成空氣品質嚴重的污染；在自然現象中，火山爆發也會釋放一些酸性物質。這些污染物質和大自然界中的水蒸氣交互作用，形成酸性的雨，而這些酸性物質容易造成水生生物、植物的滅亡、湖泊及土壤酸化等，甚至引發人類身體和呼吸系統疾病等症狀，對於生存環境造成了嚴重的影響。

本研究在探討酸雨形成的原因、酸雨對生活環境造成的影響及落塵污染量。透過簡單的模擬酸雨實驗、土壤環境監測、落塵檢測實驗，了解酸雨與落塵對環境的影響情形，最後我們提出對於酸雨的侵害，我們該如何防範及補救之道。

壹、研究動機

近幾年來，由於都市更新與開發，學校附近道路從原本的農地，轉變成為工廠林立的都市叢林，學校鄰近高速公路，南來北往的交通要道，除了帶來交通的便利之外，我們的生活也因此有了夢魘。為數不少的車輛從此經過，除了揚起的灰塵很多之外，汽機車所排放的廢氣，更導致每天我們上下學都必須戴口罩，有時候眼睛被揚起的塵土沾上，紅紅腫腫的很不舒服，偶爾也會聞到一股刺鼻的味道，就連校內的銅像也有被雨水侵蝕剝落的現象，因此，我們想要了解家鄉八德市，在不同高度所落下的灰塵何處較多、何處的土壤酸性比較嚴重，及酸雨和我們的健康與環境到底有什麼關係？

我們曾在 4、5、6 年級時自然課有上過「空氣與燃燒」、「神奇的水」等課程，裡面有談論到空氣污染的來源及水溶液酸鹼值的變化等等，因此，我們希望可以透過簡單的模擬酸雨實驗與土壤環境監測，了解酸雨對環境的影響情形，最後提出酸雨的侵害該如何防範及補救之道。

貳、研究目的

基於研究動機，本研究擬定之研究目的如下：

- 一、實驗並探討模擬酸雨對不同物質(頭髮、指甲、水芙蓉、建材、鐵釘)的影響情形。
- 二、了解校園內不同高度的落塵情形何者最為嚴重，並探討其原因。

- 三、檢測八德市各地區，土壤的 pH 值為何。
- 四、收集採樣來的土壤，其酸鹼值對植物發芽及生長為何。
- 五、探討雨水酸化的原因、危害及提出防治、補救之道。

參、研究設備及器材

儀器設備	數量	儀器設備	數量	儀器設備	數量
落塵檢測器	數個	落塵	校園落塵	測抗力器	1 台
面紙	1 包	土壤	7 包	三腳架	2 座
透明膠帶	數卷	自來水	5000 cc	石棉心網	2 片
小鏟子	2 把	綠豆種子	300 顆	電子溫度計	2 支
放大鏡	數支	燒杯、塑膠量杯	數個	生態池水	1000 cc
小刷子	數把	pH 檢測器(MODEL 610D)	1 支	鐵釘	數根
塑膠袋	數個	指甲	數個	抹布	數條
食用工研酢	1 瓶	標籤紙	數張	磅秤	1 台
砝碼(20 克)	20 個	水芙蓉	6 株	酒精燈	2 盞
頭髮(15 公分)	數根	建材(石頭)	數顆	植栽盆	數個

肆、研究過程與方法

一、研究限制：

這次的實驗，我們透過簡單的模擬酸雨實驗與土壤環境監測，了解酸雨對我們生活周遭環境的影響情形。酸雨的主要成分為氮氧化物及硫氧化物，但在我們此次的實驗過程當中，是以食用工研酢來稀釋調配成模擬酸雨，這與酸雨的酸性組成成分性質大不相同，所以，對於酸雨所造成的真正原因與影響未必能夠全盤解釋，因此本研究的限制是以食用工研酢作為模擬酸雨。土壤環境監測部分，我們以學校為基地向外擴展，採樣收集具有代表性的地點 7 處，這與調查整個八德市的土壤環境監測結果會略有不同，所以本研究另一個研究限制是只能推論而無法通盤解釋完整的八德市土壤環境監測。另外，為了讓此次的實驗更加正確，我們在此次實驗結束之後，收集 5 月 4 日的天然雨水一組(pH= 4.5)，用於部分實驗中(包含頭髮、鐵釘等實驗)，當作對照組。

二、研究方法：

【研究一】實驗設計探討模擬酸雨對各種因素的影響情形

目的：設計實驗以探討酸雨對人類健康、水域生態、建材等的危害。

- 步驟：1. 利用食用工研醋的酸性，與水混合，配製成水溶液 pH 值= 3.5、4.0、4.5、5.0、5.5 的模擬酸雨。另取生態池水數罐，pH 值= 5.9 視為自然雨水。
2. 收集 5 月 4 日的天然雨水一組(pH = 4.5)，當作對照組。
3. 觀察模擬酸雨對人類健康、水域生態、建材等的危害。

研究一 ~ 1 設計實驗以探討酸雨對人體健康（頭髮）的危害

目的：將頭髮分別放置在不同濃度之模擬酸雨中，測試其抗力程度。

- 步驟：1. 利用食用工研醋的酸性，與水混合，配製成水溶液 pH 值= 3.5、4.0、4.5、5.0、5.5 模擬酸雨。另取生態池水數罐，pH 值= 5.9 視為自然雨水。收集 5 月 4 日的天然雨水一組(pH = 4.5)，當作對照組。
2. 利用測抗力儀器，來做不同濃度 pH 值頭髮的抗力實驗。
3. 將頭髮浸泡在模擬酸雨(pH = 3.5、4.0、4.5、5.0、5.5)、生態池水(pH = 5.9)及天然雨水(pH = 4.5)中，二日(1 日及 7 日)後取出。
4. 觀察模擬酸雨及天然雨水，對頭髮的抗力作用的危害。

器材：

儀器設備	數量	儀器設備	數量
食用工研醋	1 瓶	自來水	500 cc
生態池水	500 cc	頭髮(15 公分)	數根
pH 儀器(MODEL 610D)	1 支	測抗力器	1 臺
滴管	1 支	燒杯	7 個
砝碼(20 克)	20 個	鑷子	2 個



調配模擬雨水



模擬雨水完成品



採集的頭髮



浸泡模擬雨水

研究一 ~ 2 設計實驗以探討酸雨對人體健康（指甲）的危害

目的：將指甲分別放置在不同濃度之模擬酸雨中，觀察其變化。

- 步驟：1. 利用食用工研醋的酸性，與水混合，配製成水溶液 pH 值= 3.5、4.0、4.5、5.0、5.5

模擬酸雨。另取生態池水數罐，pH 值= 5.9 視為自然雨水。

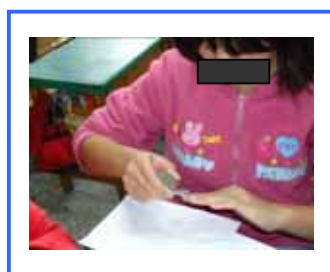
- 將指甲浸泡在模擬酸雨(pH = 3.5、4.0、4.5、5.0、5.5)及生態池水(5.9)中，三日(1日、7日及14日)後取出。
- 觀察模擬酸雨對指甲的變化。

器材：

儀器設備	數量	儀器設備	數量
食用工研酢	1 瓶	自來水	500 cc
生態池水	500 cc	指甲	數根
pH 儀器(MODEL 610D)	1 支	燒杯	6 個
滴管	1 支	鑷子	2 個



調配模擬雨水



指甲採集(一)



指甲採集(二)



浸泡模擬雨水

研究一 ~ 3 設計實驗以探討酸雨對水域生態 (水芙蓉) 的危害

目的：將水芙蓉分成 6 組，每組 1 株大小約 5 公分，放置不同濃度之模擬酸雨中，觀察各組之生長變化。

- 步驟：1. 利用食用工研酢的酸性，與水混合，配製成水溶液 pH 值= 3.5、4.0、4.5、5.0、5.5 模擬酸雨。另取生態池水數罐，pH 值= 5.9 視為自然雨水。
- 將水芙蓉放置在模擬酸雨中，總共觀測 3 次(1日後、7日後、14日後)，觀察水芙蓉生長情形變化。
 - 觀察模擬酸雨對水域生態的危害。

器材：

儀器設備	數量	儀器設備	數量
水芙蓉	6 株	工研酢	1 瓶
自來水	2000 cc	pH 儀器(MODEL 610D)	1 支
生態池水	500 cc	燒杯	6 個
滴管	2 支	抹布	數條



調配模擬雨水



準備實驗材料



實驗材料盛裝



紀錄觀察

研究一 ~ 4 設計實驗以探討模擬酸雨對建材(片麻岩、橄欖玄武岩、結晶石灰岩、花崗岩)的影響

目的：將片麻岩、橄欖玄武岩、結晶石灰岩及花崗岩分別放置在不同濃度的模擬酸雨中，觀察其不同變化。

器材：

儀器設備	數量	儀器設備	數量
食用工研醋	1 瓶	自來水	500 cc
生態池水	500 cc	礦石(片麻岩、橄欖玄武岩、結晶石灰岩、花崗岩)	各 6 顆
pH 儀器(MODEL 610D)	1 支	滴管	1 支

- 步驟：1. 利用食用工研醋的酸性，與水混合，配製成水溶液 pH 值= 3.5、4.0、4.5、5.0、5.5 模擬酸雨。另取生態池水數罐，pH 值=5.9 視為自然雨水。
2. 將建材(片麻岩、橄欖玄武岩、結晶石灰岩、花崗岩)放置模擬酸雨中，總共觀測 3 次(1 日後、7 日後、14 日後)，觀察建材侵蝕情形變化。
3. 觀察模擬酸雨及天然雨水對建材的危害。



實驗器材準備



同學仔細觀察建材



浸泡模擬雨水

研究一 ~5 設計實驗以探討模擬酸雨對建材（鐵釘）的影響

目的：將鐵釘分別放置在不同濃度的模擬酸雨中，觀察其不同變化。

器材：

儀器設備	數量	儀器設備	數量
食用工研醋	1 瓶	自來水	500 cc
生態池水	500 cc	鐵釘	六根
pH 儀器(MODEL 610D)	1 支	滴管	1 支

- 步驟：1. 利用食用工研醋的酸性，與水混合，配製成水溶液 pH 值= 3.5、4.0、4.5、5.0、5.5 模擬酸雨。另取生態池水數罐，pH 值=5.9 視為自然雨水。收集 5 月 4 日的天然雨水一組(pH = 4.5)，當作對照組。
2. 將鐵釘放置模擬酸雨及天然雨水中，總共觀測 3 次(1 日後、7 日後、14 日後)，觀察鐵釘侵蝕情形變化。
3. 觀察模擬酸雨及天然雨水對建材(鐵釘)的危害。



實驗器材準備



將鐵釘浸泡在模擬雨水中

【研究二】觀察落塵

目的：利用自製簡易落塵檢測器來收集校園不同高度落塵情形，並探討其原因。

器材：

儀器設備	數量	儀器設備	數量
落塵檢測器	數個	放大鏡	數支
面紙	1 包	落塵	校園落塵
透明膠帶	數卷	雙面膠帶	數卷
標籤紙	數張		

- 步驟：1. 自製簡易的落塵檢測器、將檢測器放在校園不同高度樓層。。
2. 總共觀察 3 次(1 日後、7 日後、14 日後)之後回收。

3. 利用放大鏡觀察校園不同高度樓層(B1、1F、2F、3F)之落塵量分布情形，並探討其原因。



標籤紙標記



自製簡易的落塵檢測器



將檢測器放在不同樓層

【研究三】土壤的酸鹼值監測

目地：將八德市各地區所採樣之土壤，與自來水混合，配成水土混合比例 5：1，檢測其酸鹼值為何。

器材：

儀器設備	數量	儀器設備	數量
土壤(八德市)	7 包	鏟子	2 把
自來水	3000 cc	三腳架	2 座
pH 儀器(MODEL 610D)	1 支	燒杯	11 杯
酒精燈	2 盞	電子溫度計	2 支
石棉心網	2 片	抹布	數條

- 步驟：1. 到八德市自選代表性採集點採樣不同土壤(包含：八德埤塘生態公園、國小校園內<本校>、高速公路附近、龜山工業園區、校園外、署立桃園醫院周邊、八德市市中心)，隔日帶回。
2. 將所採樣回來的土壤與自來水，配成水土混合比例 5：1 『200 克(水)，40 克(土壤)』。
3. 將配成的水土混合溶液，用酒精燈加熱至 95 度，讓土壤中的酸性物質釋放出來。
4. 將冷卻後的水溶液，測其酸鹼值。
5. 另外，我們也將其中兩組(校園內與校園外)泥土，不經煮沸，直接攪拌之後，讓土壤沉澱，測其水溶液之 pH 值濃度，當做對照組，與煮沸過之(校園內與校園外)泥土做比較。



實驗器材準備



磅秤秤土壤重量



實驗土壤裝瓶



將實驗泥土煮沸



八德市行政區域圖

【研究四】土壤酸鹼值對植物生長影響情形

目的：將採樣回來之八德市各地區土壤，種植綠豆的種子，透過不同採樣點的土壤酸鹼值，觀察其植物發芽率及生長情形。

器材：

儀器設備	數量	儀器設備	數量
土壤(八德市)	7 包	綠豆種子	300 顆
量杯	11 個	自來水	1000 cc
磅秤	1 台	鏟子	1 把

步驟：1. 將師生帶回來的土壤，種植綠豆的種子。

2. 控制相同變因，如溫度、陽光、水分等，唯一不同的變因是「土壤」。

3. 每日觀測一次，扣掉週休 2 日，總共觀測 7 次(天)，觀察種子的生長形。



將種子植種在不同土壤中



仔細觀察種子發芽並予以紀錄

伍、研究結果

【研究一】實驗設計探討模擬酸雨對各種因素的影響情形

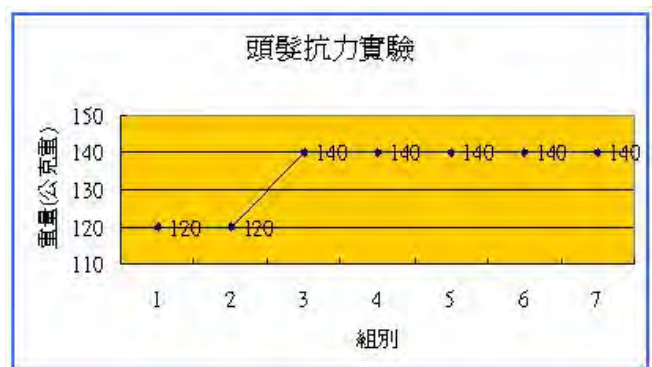
研究一 ~ 1 設計實驗以探討酸雨對人體健康（頭髮）的危害

一、實驗紀錄：

組別	雨水 酸鹼值	1日後 情形	7日後 情形	1日後抗力情形 (單位：克重)	7日後抗力情形 (單位：克重)	平均值 (單位：克重)
1	pH = 3.5	無明顯改變	水發霉。光澤依舊， 摸起來變得較細滑。	160	80	120
2	pH = 4.0	無明顯改變	水發霉。光澤依舊， 摸起來變得較細滑。	140	100	120
3	pH = 4.5	無明顯改變	光澤依舊，但摸起來 變得較細滑。	160	120	140
4	pH = 5.0	無明顯改變	光澤依舊，但摸起來 變得較細滑。	160	120	140
5	pH = 5.5	無明顯改變	光澤依舊，但摸起來 變得較細滑。	170	110	140
6	pH = 5.9 (生態池水)	無明顯改變	光澤依舊，但摸起來 變得較細滑。	170	110	140
7	pH = 4.5 (天然雨水)	無明顯改變	光澤依舊，但摸起來 變得較細滑。	180	100	140



頭髮抗力實驗



二、我們的觀察：

1. 由上圖的圖表所知，酸性雨水對頭髮的影響很大，就從頭髮的抗力實驗來看，很容易看的出來。
2. 從不同 pH 值模擬酸雨的實驗中，浸泡在 pH 值= 4.0 以下的模擬酸雨中，其平均抗力程度為 120 公克重；而浸泡在 pH 值= 4.5 以上的模擬酸雨中(包含天然雨水)，其平均抗力程度為 140 公克重。
3. 由實驗結果可知，雖然我們沒有辦法知道酸雨的酸性強度是否是造成禿頭的原因，但是我們可以知道，pH 值越低，其頭髮能承受的重量愈少；pH 值越高，其頭髮能承受的重量愈高。
4. 我們將實驗完的 pH 值水溶液，靜置 7 日後，有了不同的變化，當 pH 值小於 5.0 時，這些模擬雨水會呈現一點一點黑褐色黴菌；當 pH 值大於 5.0 則沒有明顯改變。

研究一 ~2 設計實驗以探討酸雨對人體健康（指甲）的危害

一、觀察紀錄：

組別	雨水酸鹼值	一日後情形	七日後情形	十四日後情形	模擬雨水 PH 變化
1	PH=3.5	有光澤，滑、軟、細、厚	少光澤，上面有黏稠物，變的白白的。另外，水也發霉。	少光澤，有黏稠物附著，表面及水也發霉。	PH=7.6
2	PH=4.0	有光澤，滑、軟、細、厚	少光澤，上面有黏稠物，變的白白的。另外，水也發霉。	少光澤，有黏稠物附著，表面及水也發霉。	PH=7.9
3	PH=4.5	有光澤，滑、軟、細、厚	少光澤，上面有黏稠物，變的白白的。另外，水較無透明。	少光澤，有黏稠物附著，表面及水也發霉。	PH=8.0
4	PH=5.0	有光澤，滑、軟、細、厚	少光澤，上面有黏稠物，變的白白的。另外，水較無透明。	少光澤，有黏稠物附著，表面及水也發霉。	PH=8.2
5	PH=5.5	有光澤，滑、軟、細、厚	少光澤，上面有黏稠物，變的白白的。水看起來較透明。	少光澤，有黏稠物附著，表面及水也發霉。	PH=8.3
6	PH=5.9 生態池水	有光澤，滑、軟、細、厚	少光澤，上面有黏稠物，變的白白的。另外，水較透明。	少光澤，有黏稠物附著，表面及水也發霉。	PH=8.9

二、我們的觀察：

1. 酸性雨水對指甲的影響很大，從上表指甲的實驗觀察來看，很容易看的出來。
2. 由實驗結果可知，觀察時間愈久，pH 值越低的模擬雨水，其指甲受損的情況越嚴重；pH 值越高的模擬雨水，其指甲受損的情況較輕微嚴重。
3. 我們將實驗用的指甲浸泡在不同濃度的模擬雨水中，幾日後發現指甲摸起來較黏稠，

另外原本是酸性的模擬雨水，變得趨近於中性與鹼性，由此可見，指甲會爲了適應環境變化而改變 pH 值。

研究一 ~ 3 設計實驗以探討酸雨對水域生態（水芙蓉）的危害

一、實驗紀錄：

組別	酸雨 酸鹼值	1日後 圖片	1日後 生長情形	7日後 圖片	7日後 生長情形	14日後 圖片	14日後 生長情形	模擬酸雨 pH 變化
1	pH= 3.5		無明顯 變化		葉緣呈現黃色，部 分葉片平躺在水 面上，根呈現白色 且變細。		葉片呈黑褐色且 發霉，且全平躺 在水面上，葉完全 與根分離，根成白 色。	pH = 7.1
2	pH= 4.0		無明顯 變化		部分葉緣有呈現 黃色，部分葉片平 躺在水面上。		部份葉緣呈黑褐 色且發霉，多平躺 在水面上，葉與根 分離明顯，且根部 呈淡褐色。	pH = 7.4
3	pH= 4.5		無明顯 變化		葉的表面呈現綠 色，無明顯危害。		部份葉緣呈現黃 色，且葉與根有呈 現分離現象。	pH = 8.0
4	pH= 5.0		無明顯 變化		葉表面呈現綠 色，根的部分呈現 深褐色，無明顯危 害。		葉表面仍呈現綠 色，但葉緣部份開 始變黃，嫩葉有萎 縮的狀態。	pH = 7.9
5	pH= 5.5		無明顯 變化		葉表面呈現綠 色，根部呈深褐 色，無明顯危害。		生長情況良好，葉 片呈現鮮綠色，有 新嫩葉長出，且根 部有明顯生長。	pH = 8.2
6	pH= 5.9 生態 池水		無明顯 變化		生長狀況良好，葉 表面呈鮮綠色，根 部呈深褐色。		生長狀況良好，葉 表面呈現鮮綠 色，根部呈深褐 色。	pH = 8.3

二、我們的觀察：

1. 第 1 天之後，各 pH 濃度之模擬雨水所種植的水芙蓉皆無明顯變化。
2. 7 日後的模擬雨水所種植的水芙蓉開始有了明顯變化，pH 值= 3.5 的水芙蓉開始平躺在水面上，pH 值= 4.0 的水芙蓉「葉緣」的部份有呈現些許黃色。pH 值= 4.5，5.0，5.5，5.9 則沒有明顯變化。
3. 14 日之後，pH 值= 5.9 和 pH 值= 5.5 的水芙蓉，生長情況仍然良好，葉表面呈現鮮綠色，且有新嫩葉長出。
4. 14 日之後，pH 值= 3.5，4.0 葉片呈黑褐色且發霉，且全平躺在水面上，葉完全與根分離，根成白色。pH 值= 4.5，5.0 的水芙蓉，生長情況仍然良好，葉表面呈現鮮綠色，且有新嫩葉長出。
5. 另外，我們還有發現，每瓶不同 pH 值濃度的模擬酸雨，在 14 日之後，pH 值皆有明顯上升的情況並趨近於中性。

研究一 ~ 4 設計實驗以探討模擬酸雨對建材(片麻岩、橄欖玄武岩、結晶石灰岩)及天然雨水對建材(花崗岩)的影響



觀察建材之變化(一)



觀察建材之變化(二)



觀察建材之變化(三)

一、觀察紀錄：

(一)片麻岩

組別	1	2	3	4	5	6
模擬雨水酸鹼值	pH= 3.5	pH= 4.0	pH= 4.5	pH= 5.0	pH= 5.5	pH= 5.9 生態池水
一日後變化情形	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化
七日後變化情形	摸起來比乾燥時少一些粗糙感，粉末更多	摸起來比乾燥時少一些粗糙感，粉末也較多	摸起來比乾燥時少一些粗糙感，粉末比一日後多	相較其他，粉末較多；摸起來比乾燥時來得些許粗糙感	乾燥時，摸起來少了粗糙，粉末更多	乾燥時，摸起來少了粗糙，粉末更多
十四日後變化情形	水有發霉，碎屑不多，石頭上有發霉物附著，摸起來較為粗糙	水未發霉，碎屑多，摸起來粗糙	摸起來粗糙，粉末比七日前來得多	碎屑比七日前來的許多，水未發霉，石頭摸起來有粗糙感	摸起來有些許的顆粒剝落	比七日前來的小，粉末也較多
十四日後圖片						

(二)橄欖玄武岩

組別	1	2	3	4	5	6
模擬雨水酸鹼值	pH= 3.5	pH= 4.0	pH= 4.5	pH= 5.0	pH= 5.5	pH= 5.9 生態池水
一日後變化情形	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化
七日後變化情形	部分摸起來越來越滑與粗，水中有更多粉末	部分摸起來越來越滑與粗，水中有更多粉末	部分摸起來越來越滑與粗，水中有更多粉末	部分摸起來越來越滑與粗，水中有更多粉末	部分摸起來越來越滑與粗，水中有最多粉末	部分摸起來越來越滑與粗，水中有最多粉末
十四日後變化情形	硬度比之前來的軟，跟指甲摩擦後有粉末	硬度比之前來的軟，跟指甲摩擦後有粉末	硬度比之前來的軟，跟指甲摩擦後有粉末	硬度比之前來的軟，跟指甲摩擦後有粉末	硬度比之前來的軟，跟指甲摩擦後有粉末	硬度比之前來的軟，跟指甲摩擦後有粉末
十四日後圖片						

(三) 結晶石灰岩

組別	1	2	3	4	5	6
模擬雨水酸鹼值	pH= 3.5	pH= 4.0	pH= 4.5	pH= 5.0	pH= 5.5	pH= 5.9 (生態池水)
一日後變化情形	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化
七日後變化情形	比一日前，水中充滿更多粉末碎屑；摸起來更為粗糙	水中多粉末碎屑，粗糙感更勝一日後	水中粉末多，碎屑也多，更為粗糙	水中粉末碎屑多，更加得粗糙	粉末在水中是最多的，碎屑也是更粗糙	水中粉末碎屑多，摸起來有粗糙感
十四日後變化情形	碎屑比七日前來得更多，摸起來更粗糙了	水開始發霉，碎屑更多	水中碎屑比七日前來的多，水沒有發霉	碎屑多，水未發霉，摸起來有粗糙感	粉末多，水未發霉，摸起來有粗糙感	水中粉末碎屑多，摸起來粗糙，有輕微發霉
十四日後圖片						

(四) 花崗岩



組別	1	2	3	4	5	6
模擬雨水酸鹼值	pH= 3.5	pH= 4.0	pH= 4.5	pH= 5.0	pH= 5.5	pH= 5.9 (生態池水)
一日後變化情形	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化
七日後變化情形	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化	無明顯變化
十四日後變化情形	光澤減少，摸起來沒有之前光滑，水開始發霉，碎屑更多	光澤減少，摸起來沒有之前光滑，水開始發霉，碎屑更多	光澤減少，摸起來沒有之前光滑，水開始發霉，碎屑更多	光澤減少，摸起來沒有之前光滑	光澤減少，摸起來沒有之前光滑	光澤減少，摸起來沒有之前光滑
十四日後圖片						

二、我們的觀察：

1. 在片麻岩方面：我們將大小各約 2 公分的片麻岩放置在模擬酸雨當中，隨著時間越長，它所侵蝕受損的力量越大，我們發現有碎屑與粉末被溶解出來，且摸起來的感覺，會隨著濃度越低而越粗糙。pH 值濃度低的模擬雨水，它侵蝕的能力越強。
2. 在橄欖玄武岩方面：1 日後的觀察，在不同濃度的模擬雨水中，皆有粉末與碎屑產生，另外在 7 日與 14 日之後觀察，我們發現粉末與碎屑皆比之前更加得多，且摸起來的感覺也越來越粗糙。
3. 在結晶石灰岩方面：在觀察期間，水中也有粉末碎屑產生，隨著時間越長，所產生的粉末碎屑也越多，表面光澤也隨著時間與濃度逐漸消失，且摸起來的感覺也越來越粗糙。
4. 在花崗岩方面：在觀察期間，無明顯變化，但隨著時間越長，花崗岩表面的光澤減少，摸起來也沒有像之前那麼光滑。
5. 另外，我們發現這四種建材，浸泡在模擬雨水的時間愈久，上面皆有類似黴菌的附著物附著在建材上面。因此，我們可以推論一般家裡牆壁有壁癌，應該也與這個原因有相關。

研究一 ~ 5 設計實驗以探討模擬酸雨對建材（鐵釘）的影響

一、觀察紀錄：

組別	雨水酸鹼值	一日後情形	七日後情形	十四日後情形	照片
1	PH=3.5	無明顯變化	水中有了些許黃色，鐵鏽較少	水中黃色越來越濃，且鐵鏽也越來越多。	
2	PH=4.0	無明顯變化	水中黃色比 pH=3.5 深，鐵鏽較 pH=3.5 多	水中黃色比 pH=3.5 淺，鐵鏽較 pH=3.5 少	

3	PH=4.5	無明顯變化	水中黃色比 pH=4.0 深，鐵鏽較 pH=4.0 多	水中黃色比 pH=4.0 淺，鐵鏽較 pH=4.0 少	
4	PH=5.0	無明顯變化	水中黃色比 pH=4.5 深，鐵鏽較 pH=4.5 多	水中黃色比 pH=4.5 淺，鐵鏽較 pH=4.5 少	
5	PH=5.5	無明顯變化	顏色較淺橘，上面有類似浮油之物，鐵鏽較 pH=5.0 多	水中顏色除了明顯變黃橘之外，浮油物質也越多，鐵鏽較 pH=5.0 少	
6	PH=5.9 生態池水	無明顯變化	顏色最深，是深橘色；類似浮油之物更加明顯；鐵鏽更多	顏色最淺，是微黃色；類似浮油之物更加明顯；鐵鏽較少	
7.	PH=4.5 天然雨水	無明顯變化	水之顏色和模擬雨水 pH=4.5 類似，鐵鏽生成也和模擬雨水 pH=4.5 類似。	水中黃色比 pH=4.0 淺，鐵鏽較 pH=4.0 少	

二、我們的觀察：

1. 第 1 天之後，各 pH 濃度之模擬雨水所浸泡的鐵釘皆無明顯變化。
2. 7 日後的模擬雨水所浸泡的鐵釘開始有了明顯變化，pH 值= 3.5 的鐵釘開始生鏽，水也漸成黃色。pH 值= 4.0、4.5、5.0、5.5、5.9、4.5(天然雨水)以上所浸泡的鐵釘，隨著 pH 值越高，水中的顏色越來越深，鐵鏽也越來越多。
3. 14 日之後，模擬雨水所浸泡的鐵釘變化越來越明顯。pH 值=3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、5.9、4.5(天然雨水)以上所浸泡的鐵釘，隨著 pH 值越高，水中的顏色越來越淺，鐵鏽也越來越少。pH 值= 3.5 的鐵釘生鏽最多，水的顏色是裡面最深的。
4. 在對照組方面，浸泡在模擬雨水(pH =4.5)和天然雨水(pH =4.5)中，受損的情況類似，沒有太大差別。

5. 另外，我們還有發現，隨著時間越來越長，pH 濃度越低的模擬雨水，它所侵蝕鐵釘的情況越明顯、也越嚴重。由此可知，我們可以推論酸雨的酸鹼強度卻實會影響我們的生活。

【研究二】觀察落塵

一、觀察紀錄：

日期	來源	收集的地點		一日後	七日後	十四日後	
2/23 ~ 3/5	落塵	學校室外		地下室	沒落塵	相較於一日後，多了更多落塵與黑點 (主觀認為：應該要放久一點，才會比較明顯)	落塵、黑點越來越 越多
2/23 ~ 3/5	落塵			一樓	有些許落塵 (實驗期間，連日下雨，雨水沖刷)	有明顯落塵與黑點	落塵與黑點大量 出現
2/23 ~ 3/5	落塵			二樓	少許落塵	比一日後更加明 顯；落塵與黑點更 多。	落塵為最多、黑 點也明顯
2/23 ~ 3/5	落塵			三樓	沒落塵	有了些許的落塵與 黑點	落塵有再增多， 但為四樓層中最 少

二、我們的觀察：

1. 落塵檢測器的紙張，由於實驗期間天氣不良，連日陰雨綿延，因此紙張部分有破損且有變微黃的情況，但還是接近白色。
2. 簡易落塵檢測器放在室外的天數越多，所觀測落塵量越多。
3. 落塵量愈接近地面，落塵量越多；高度越高，則落塵量較少。

【研究三】土壤的酸鹼值監測

一、觀察紀錄：

日期	來源	圖片	收集的地點	收集方法	PH 值	排名
101/2/29	土壤		八德埤塘生態公園	土掘	7.3	3
101/2/29	土壤		學校校園(本校)	土掘	7.5	5
101/2/29	土壤		高速公路附近	土掘	7.3	3
101/2/29	土壤		龜山工業區	土掘	7.8	6
101/2/29	土壤		校外	土掘	6.8	1
101/2/29	土壤		署立桃園醫院	土掘	7.1	2
101/2/29	土壤		八德市市區	土掘	7.8	6
101/5/11	土壤		校內；校外	土掘	7.8 ; 7.5	*

二、我們的觀察：

1. 校外附近的土壤，所測得的 pH 值為 6.8 較低，佔居第 1。
2. 署立桃園醫院附近土壤 pH 值為 7.1，佔居第 2。
3. 八德市市區與龜山工業園區之土壤，所測得所以 pH 值為 7.8 較高，偏弱鹼性。所測得 pH 值為 7.8，是所有採樣土壤裡面酸鹼性接近鹼性的土壤。
4. 另外，我們在實驗結束之後，採集校內與校外土壤，不經加熱煮沸，經攪拌後測其 pH 值分別為校內(pH=7.8)；校外(pH= 7.5)。因此，推論加熱過後的泥土，有將酸性物質釋放出來，故經加熱煮沸過後的泥土之酸鹼值，濃度較低。

【研究四】土壤酸鹼值對植物生長影響情形

一、實驗紀錄：








二、

紀錄說明：	
未：尚未發芽	②：1 公分 ~ 3 公分 ，取 <u>2 公分</u> 為平均值
芽：發芽，但未超過 <u>1 公分</u>	⑤：4 公分 ~ 6 公分 ，取 <u>5 公分</u> 為平均值
爛：種子爛掉	⑧：7 公分 ~ 9 公分 ，取 <u>8 公分</u> 為平均值
死：發芽後死掉	⑪：10 公分 ~ 12 公分，取 <u>11 公分</u> 為平均值

綠豆種植記錄表：

來源	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	3/6	3/7	3/8	3/9	3/10	3/11
八德埤塘生態公園	未 x 12 芽 x 8	未 x 6 芽 x 14	週休二日 沒有觀察		未 x 6 芽 x 14	未 x 4 芽 x 16	未 x 3 ② x 14 ⑤ x 4	未 x 1 爛 x 1 ② x 6 ⑤ x 10 ⑧ x 2	未 x 1 爛 x 1 ② x 3 ⑤ x 2 ⑧ x 13	週休二日 沒有觀察	
學校校園 (本校)	未 x 18 芽 x 2	未 x 13 芽 x 7	週休二日 沒有觀察		未 x 4 芽 x 16	未 x 3 芽 x 17	未 x 2 ② x 13 ⑤ x 5	芽 x 2 ② x 6 ⑤ x 8 ⑧ x 4	芽 x 1 ② x 2 ⑤ x 8 ⑧ x 9	週休二日 沒有觀察	
高速公路附近	未 x 13 芽 x 7	未 x 8 芽 x 12	週休二日 沒有觀察		芽 x 20	芽 x 20	② x 10 ⑤ x 10	② x 3 ⑤ x 12 ⑧ x 5	⑤ x 10 ⑧ x 10	週休二日 沒有觀察	
龜山工業區	未 x 16 芽 x 4	未 x 14 芽 x 6	週休二日 沒有觀察		未 x 2 芽 x 18	未 x 1 芽 x 19	未 x 1 ② x 12 ⑤ x 7	爛 x 1 ② x 3 ⑤ x 12 ⑧ x 4	爛 x 1 ② x 2 ⑤ x 10 ⑧ x 7	週休二日 沒有觀察	
校外	未 x 20 芽 x 0	未 x 12 芽 x 8	週休二日 沒有觀察		未 x 6 芽 x 14	未 x 6 芽 x 14	未 x 4 ② x 11 ⑤ x 5	芽 x 2 爛 x 1 死 x 1 ② x 8 ⑤ x 7 ⑧ x 3	爛 x 1 死 x 1 ② x 10 ⑤ x 5 ⑧ x 3	週休二日 沒有觀察	
署立桃園醫院	未 x 13 芽 x 7	未 x 6 芽 x 14	週休二日 沒有觀察		未 x 4 芽 x 16	未 x 2 芽 x 18	未 x 1 芽 x 19 ② x 15 ⑤ x 4	爛 x 1 ② x 8 ⑤ x 7 ⑧ x 4	爛 x 1 ② x 5 ⑤ x 10 ⑧ x 4	週休二日 沒有觀察	
八德市市區	未 x 19 芽 x 1	未 x 10 芽 x 10	週休二日 沒有觀察		未 x 4 芽 x 16	未 x 1 芽 x 19	② x 13 ⑤ x 7	② x 7 ⑤ x 10 ⑧ x 3	② x 3 ⑤ x 10 ⑧ x 7	週休二日 沒有觀察	

綠豆種子發芽情況：

八德埤塘生態公園	學校校園(本校)	高速公路附近	龜山工業區
			
校外	署立桃園醫院	八德市市區	
			

二、我們的觀察：

1. 綠豆種子種植的第 1 天後，有開始慢慢明顯的膨脹與發芽；但第 2 天之後，種子膨脹數目越來越多，且綠豆種子也開始慢慢的發芽。
2. 在觀察的第 6 天之後，已經有種子出現爛掉與死亡的情況，但是不多，到最後 1 天觀察結束後，總共有 5 顆種子(死亡+爛掉)，分別是八德埤塘生態公園、校外周遭環境及署立桃園醫院等地區。
3. 在平均生長高度方面，平均高度最高的是八德埤塘生態公園(9 公分)；平均高度最低的是校外周遭環境(4 公分)。

陸、討論

【研究一】實驗設計探討模擬酸雨對各種因素的影響情形

研究一 ~ 1 設計實驗以探討酸雨對人體健康（頭髮）的危害

- 一、我們從模擬雨水實驗的結果討論，頭髮浸泡在 pH 值較低的模擬雨水中，受損情況最嚴重，且其抗力情形最弱。
- 二、由實驗結果推論，倘若動物長期受到酸雨侵襲之後，則毛髮情況只會變得更差，甚至可能會有髮質斷裂，或變得較細軟的情況發生。
- 三、因此，我們由實驗得知，在不同濃度的模擬酸雨中，對於頭髮的韌性有不同程度的改變，且實驗證明酸雨對人體毛髮的損害很大。因此，在下雨天的時候，盡量不要故作浪漫與瀟灑，不帶任何雨具而在雨中漫步。

研究一 ~ 2 設計實驗以探討酸雨對人體健康（指甲）的危害

- 一、我們從實驗的結果得知，模擬酸雨對指甲有不同程度的影響，觀察時間愈久，pH 值越低的模擬雨水，其指甲受損的情況越嚴重；pH 值越高的模擬雨水，其指甲受損的情況較輕微嚴重。
- 二、我們將實驗用的指甲浸泡在不同濃度的模擬雨水中，幾日後發現指甲摸起來較黏稠，另外原本是酸性的模擬雨水，變得趨近於中性與鹼性，由此可見，指甲會為了適應環境變化而改變 pH 值。
- 三、因此，我們討論出來的結果是指甲是保護我們雙手的一層防護，如果身體接觸到了酸雨，一定要去清洗乾淨，除了個人衛生之外，也對我們的健康有所幫助。

研究一 ~ 3 設計實驗以探討酸雨對水域生態（水芙蓉）的危害

- 一、我們從水芙蓉實驗的觀察討論出，水芙蓉培植在酸性小於 pH 值= 5.5 以下的酸性模擬雨水中，受損害的情況較大；培植在酸性大於 pH 值= 5.5 以上的水溶液中，則較沒有明顯改變。
- 二、另外我們發現，在不同 pH 值濃度的模擬酸雨中，在 14 日之後，pH 值濃度皆有明顯上升的情況，我們討論的結果是水芙蓉本身具有「自我清淨」的能力，所以才會使得 pH 值濃度上升並達到中性。
- 三、由此實驗我們可以討論出，酸雨對我們的水域生態環境有不同程度的破壞，因此，我們建議應該多培植可以「自我清淨」的植物，讓我們的生活環境能夠更加舒適與美好。

研究一 ~ 4 設計實驗以探討模擬酸雨對建材(片麻岩、橄欖玄武岩、結晶石灰岩、花崗岩)的影響

- 一、在片麻岩、橄欖玄武岩、結晶石灰岩及花崗岩方面，隨著浸泡在模擬雨水的時間越長，它所受侵蝕受損的危害越大，我們發現這四種建材皆有碎屑與粉末被溶解出來，且摸起來的感覺，會隨著濃度越低而越粗糙。
- 二、我們在這個實驗中意外的發現，這四種建材浸泡在模擬雨水的時間愈久，上面皆有類似黴菌的附著物附著在建材上面。因此，我們可以推論一般家裡牆壁上有壁癌，應該也與這個原因有關。
- 三、我們從這個實驗中得知，不管是何種建築材料，只要暴露在酸性的雨水中或是物質中，受到危害的情形會隨著時間增長而破壞更嚴重，因此，我們建議未來在購屋的時候，建材的選擇與考量是非常重要的，且建材上如果塗上一層防酸性保護塗料，應該可以減低建材受到酸雨的危害。

研究一 ~ 5 設計實驗以探討模擬酸雨對建材(鐵釘)的影響

- 一、第1天之後，各 pH 濃度之模擬雨水所浸泡的鐵釘，皆無明顯變化。
- 二、7日後的模擬雨水所浸泡的鐵釘開始有了明顯變化，pH 值= 3.5 的鐵釘開始生鏽，水也漸成黃色。pH 值= 4.0、4.5、5.0、5.5、5.9、4.5(天然雨水)以上所浸泡的鐵釘，隨著 pH 值越高，水中的顏色越來越深，鐵鏽也越來越多。
- 三、14日之後，模擬雨水所浸泡的鐵釘變化越來越明顯。pH 值=3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、5.9、4.5(天然雨水)以上所浸泡的鐵釘，隨著 pH 值越高，水中的顏色越來越淺，鐵鏽也越來越少。pH 值= 3.5 的鐵釘生鏽最多，水的顏色是裡面最深的。
- 四、另外，我們還有發現，隨著時間越來越長，pH 濃度越低的模擬雨水，它所侵蝕鐵釘的情況越明顯、也越嚴重。由此可知，我們可以推論酸雨的酸鹼強度確實會影響我們的生

【研究二】觀察落塵

- 一、在觀察落塵的實驗之前，老師問我們對於空氣中的落塵，在不同高度的落塵量有怎麼樣的看法，有同學說樓層越高，落塵量越多；也有同學說樓層越低，落塵量越多；也有同學持不同意見說不管哪一個樓層，落塵量都是相同的。但經由我們實驗觀察結果之後發現，樓層越低，其落塵量是越多的。

- 二、爲什麼樓層越低，落塵量越大呢？我們相互討論出來的可能原因是重力的關係，因爲落塵重量很輕，會吸附空氣中的其他微小粒子而產生較大重量而落下。所以樓層越高，落塵的量也就會越輕與少；反之，樓層越低，落塵的量反而會越重與多。
- 三、因此，我們未來在購屋的時候，房屋的樓層也是我們要考慮的重點之一，越高樓層落塵量可能會比較少一點，空氣品質會較佳。

【研究三】土壤的酸鹼值監測

- 一、在開始實驗之前，我們預測工業區的土壤酸性是最酸的，預測原因是工業區周邊工廠林立，且常常有廢酸氣排出，所以這些酸性物質會因爲夾雜雨水及微小顆粒而降落；另外也預測桃園署立醫院附近土壤也是酸性的，預測原因是醫院附近應該會有些醫療廢棄物存在，所以這些酸性物質會藉由落塵或雨水落到土壤內。
- 二、但我們實驗的結果卻發現，八德市地區內的土壤，大部分我們採集回來的土壤經過檢測都是偏中性，與我們的假設不同。

【研究四】土壤酸鹼值對植物生長影響情形

- 一、在平均生長高度方面，平均高度最高的是八德埤塘生態公園(9 公分)；平均高度最低的是校外周遭環境(4 公分)。
- 二、根據我們在網路上查的資料顯示，一般來說肥沃的土壤 pH 值約介於 6.0 ~ 8.0 之間，土壤的 pH 值，無論是偏酸或是偏鹼，對於植物的發芽及生長都不是很好，因此，在我們所實驗的土壤當中，這些都算是適合植物生長的環境，故我們推論八德市地區是個適合植物生長的地方。

『研究五』探討雨水酸化的原因、危害及提出防治及補救之道

- 一、雨水酸化的原因：

(一) 什麼是酸雨：

「**酸雨**」，顧名思義，雨是酸的。「酸雨」，正確的名稱應爲「**酸性沈降**」，分爲「**濕沈降**」與「**乾沈降**」兩大類(如下圖)。

「**乾沈降**」是指在平常沒有下雨的日子，以酸性乾燥的顆粒直接從空中降下。

「**濕沈降**」是指所有氣狀或粒狀污染物，隨著雨水、降雪、霧等降水型態從天空降落。

在化學上定義水之 pH(酸鹼)值等於 7 爲中性，小於則是酸性。在 1980 年代後期至今，許

多國內外研究者及環保署的研究報告，均已將「酸雨」認知為當雨水 pH 值在 5.0 以下時，即確定受到人為酸性污染物的影響；因此，已統一雨水 pH 值在 5.0 以下時，正式定義為「酸雨」（台灣酸雨資訊網）。



二、雨水的危害：

「酸性沈降」為一種慢性的危害，正一點一滴的吞噬我們的環境，它的傷害是緩進式，常令人失去戒心。所以，酸雨問題是不容忽視的。

(一) 對水域生態的影響：

酸雨的直接影響之一是在湖泊和它的水域生態系統上。酸雨降到地面會沖刷走土壤中的營養成分，並挾帶著土壤中的有毒金屬，一起流入湖泊中。科學家監控湖的酸鹼值和水生生物的生態系統，他們發現湖裡的酸鹼值會逐年降低，研究顯示出酸雨對湖泊和它的水域生態系統有重要影響。

(二) 對材料及藝術品的影響：

酸雨也會損毀材料。一些百年的典籍和古老藝術品也會被影響。圖書館和博物館的通風系統使得他們不能阻止酸性粒子進入建築物中，酸性粒子進入後在建築物中循環，並且影響和惡化這些材料。

(三) 對樹木及土壤的影響：

酸雨造成最嚴重的影響之一是在森林和土壤。硫酸隨著降雨落到地球而造成嚴重損害，土壤中的養分也會流失，因此樹木會因為維持生命所必須的營養的流失而枯死。

(四) 對建築物的影響：

酸性粒子也會沈積在建築物和雕像上，造成侵蝕。此外，橋樑以更快的速度被腐蝕，鐵路工業和飛機工業同樣的必須花費更多的錢來修補由酸雨造成的損害。酸雨不僅造成了經濟

負擔上的問題，而且也對一般大眾的安全產生危險。

(五) 對人類的影響：

酸雨對人類的影響，最直接的反應就是會「禿頭」，但是否真正會導致禿頭，科學家們仍在努力研究，另外，酸污染對人類最嚴重的副作用就是呼吸方面的問題。二氧化硫和二氧化氮的衍生物會引起呼吸方面的問題，例如哮喘、乾咳、頭痛、和眼睛、鼻子、喉嚨的過敏。對人類而言，酸雨間接影響就是溶解在水中的有毒金屬被水果，蔬菜和動物的組織吸收。

三、防治及補救之道：

(一) 在家中方面，我們可以：

1. 隨手關燈，節約能源
2. 少用清及用品，避免污染水質

(二) 在購物方面，我們可以：

1. 減少使用塑膠袋
2. 購買能低污染、高效能，可回收再利用產品

(三) 在交通方面，我們可以：

1. 節約能源(如：少開車、共同搭乘大眾交通工具)
2. 可再生能源(如：太陽能)的開發使用，可減少空氣污染及酸雨的產生

(四) 在生態及環境方面，我們可以：

1. 建置多處埤塘、溼地及綠地，以利提昇水質淨化
2. 做好垃圾處理、水土保持、資源回收、清理河道，以維護我們生活環境

柒、結論

研究完「酸雨」這項環境議題的科學實驗後，我們發現酸雨對於這個世界所造成的傷害是無所不在的，不論是我們人類或者大自然亦或者是人爲建設與開發，都存在著無限的危機。酸雨的形成原因，主要是人們不斷的在製造污染物，雖然我們知道不是只有這項因素才會造成酸雨，但我們認爲這點才是最主要的原因，所以我們要落實各個相關單位所提出的防治方

法，並配合政府訂定的相關法令與措施，來降低酸雨的產生及所帶來的危害。

若能加強民眾對於環境教育的意識，推廣盡量使用環保產品及隨手做好環境保護的工作，還給自己一塊美麗的大地，一個健康的地球，和大自然繼續共存到好幾個世代以後，讓我們的下一代能夠在沒有污染的淨土中生存，只要我們能夠做到環保的工作，這些希望就再也不只是希望，而是就在我們眼前的現實。

捌、參考資料及其他

一、網路資源：

八德市公所。八德市行政區域圖。民 101 年 3 月 11 日，取自：

http://www.pader.gov.tw/1_3.html

EPA 兒童教育網站主題館(酸雨)。民 101 年 3 月 11 日，取自：

<http://www.epa.gov.tw/children/download/Rain/index.html>

台灣酸雨資訊網。民 101 年 3 月 11 日，取自：

<http://acidrain.epa.gov.tw/index.htm>

二、書籍部份：

楊冠政。環境教育。臺北市：國立編譯館。(民 86)

【評語】 080507

1. 能設計實驗觀測自己的居住環境，動機可取。
2. 實驗設計尚稱合理，惟稍欠新意。