

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

佳作

081552

酸雨知多少

高雄市三民區東光國民小學

作者姓名：

小六 王挺宇 小六 蕭賢芳 小六 孫維駿
小六 吳昱柔 小六 劉庭妤 小六 蔡涵羽

指導老師：

楊宜倫 孫璿惠

酸雨知多少

壹、摘要：

本研究主要在探討酸雨，藉由中央氣象局網站資料去分析台灣酸雨發生情形，並透過實地蒐集瞭解家鄉的雨水是否是酸雨，更藉由一連串實驗探討影響酸雨發生的原因。另外，以實地探訪與親自實驗做比較，我們發現氣象站檢測雨水的方式有待改進，因為氣象站一天只量一次 pH 值，而每段時間所下的雨 pH 值皆不相同，而且設點的位置會影響其 pH 值，藉由這個研究有了意外的發現，並且透過實驗，我們瞭解酸雨對植物及金屬的危害，在此呼籲大家要愛護環境，避免製造空氣污染，才能享有乾淨舒適的生活空間。

貳、研究動機：

電視報導常常說酸雨對人體及農作物都有害，現在的空氣又那麼糟，酸雨的情形也似乎越來越嚴重，讓人不免擔心起來。而時常都有人說，我們的家鄉—高雄是一個工業重鎮，所下的雨一定都是酸雨……到底酸雨是怎麼形成的？我們高雄的雨真的都是酸雨的嗎？台灣目前酸雨的情形又是如何？酸雨對我們的生活又有什麼影響？一連串的疑問，我們透過這次研究來找答案。

※註：與教材的相關性：南一版 8-2 天氣的變化 10-5 酸和鹼、10-6 台灣的天氣

參、研究目的：

- 一、以現有資料分析台灣各地近年來雨水酸鹼值的變化情形。
- 二、以現有資料分析家鄉高雄近一年來雨水酸鹼值的變化情形。
- 三、實地蒐集高雄各地的雨水，與氣象局資料做比較，並探討影響酸雨的原因。
- 四、設計實驗探討各種因素對酸雨的影響。
- 五、探討酸雨的危害。

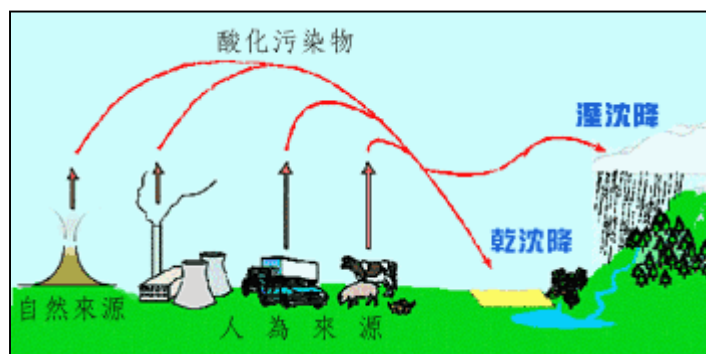
肆、研究器材及設備：

pH 值測定儀、紫外線燈、紫外線測定儀、二行程汽油機車、四行程汽油機車、柴油拖車、轎車、燒杯、塑膠桶、矽膠管、殺蟲劑、香菸、灰塵、保特瓶、鋼棉、塑膠盤、電子磅秤

伍、研究歷程與方法：

研究一：瞭解什麼是酸雨，及酸雨的來源與酸雨的組成。

「酸雨」，其正確的名稱應為「酸性沈降」，可分為「濕沈降」與「乾沈降」兩大類。前者指的是所有氣狀污染物或粒狀污染物，隨著雨、雪、霧或雹等降水型態而落到地面者；後者則是指在不下雨的日子，從空中降下來的落塵所帶的酸性物質而言。自然大氣中含有大量的二氧化碳，二氧化碳在常溫時，溶解於雨水並達到氣液平衡後，**雨水的 pH 值約為 5.6**，因此正常的雨水是酸的；但是在大自然中，仍存在其他致酸的物質，例如：火山爆發所噴出的硫化氫，海洋所釋放出的二甲基硫，高空閃電所導致的氮氧化物等，均會使雨水酸化。在 1980 年代後期以來，許多國內外的研究者，已將所謂「酸雨」認知為：當雨水酸鹼值在 5.0 以下時，即確定受到人為酸性污染物的影響，所以**雨水酸鹼值達 5.0 以下時，即為「酸雨」**。



一般酸水化學組成中，較重要的物種包括 H^+ 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 及 Mg^{2+} 等九種，其來源包括自然來源及人為來源。一般而言 NO_3^- 及 SO_4^{2-} 為主要的致酸物質，其主要由硫氧化物與氮氧化物轉化而來。在人為污染排放方面， SO_4^{2-} 與化石燃料使用、火力電廠、含硫有機物燃燒有關； NO_3^- 主要源自工廠高溫燃燒過程，交通工具排放等因素。 Ca^{2+} 及 NH_4^+ 為主要的中和(致鹼)物質。

人為致酸物質		人為致鹼物質	
SO_4^{2-}	石化工業、火力電廠、燃燒	Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+}	海洋的海水飛沫
NO_3^-	工廠高溫燃燒過程、交通工具排放	Ca^{2+} 、 K^+	塵土
		NH_4^+	農藥噴灑

研究二：分析台灣各地近年來雨水酸鹼值的變化情形。

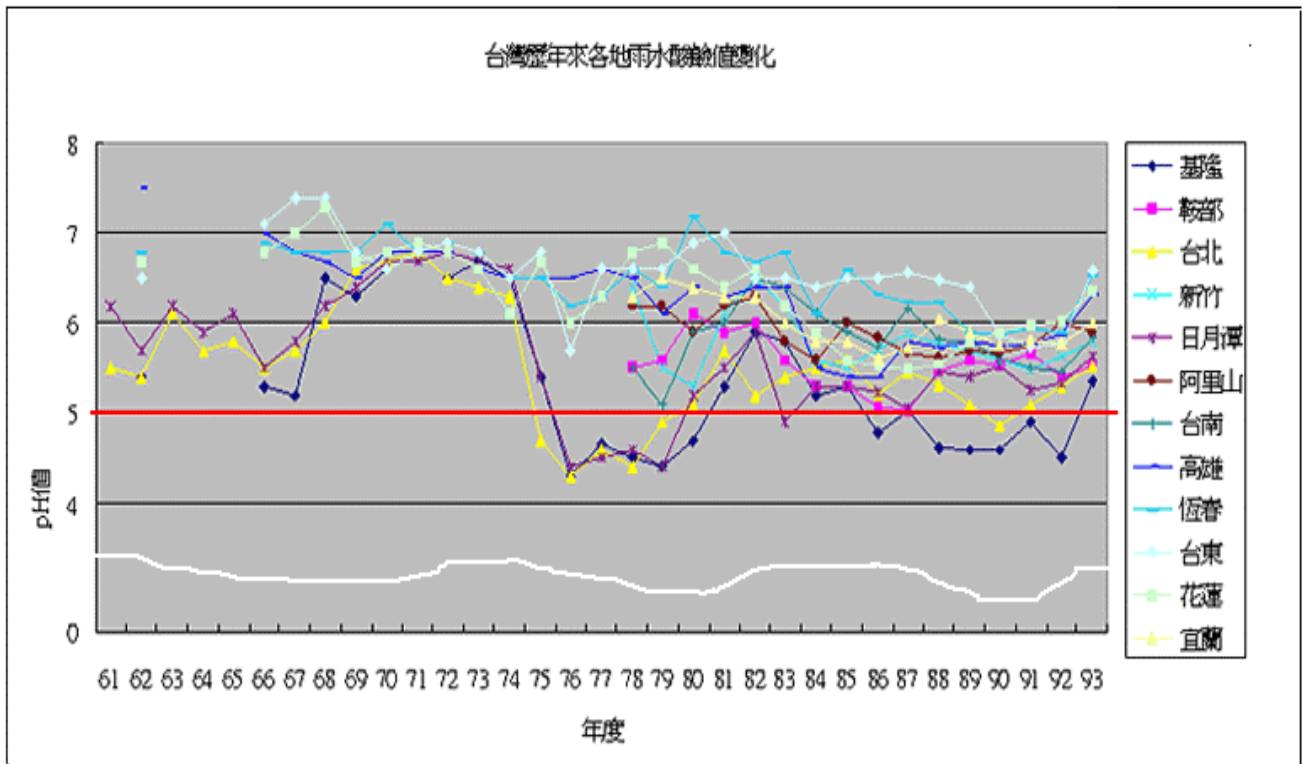
方法：(一) 由中央氣象局網站，下載台灣各地歷年來雨水酸鹼值記錄。

(二) 分析各地歷年來雨水酸鹼值，繪製成折線圖。

(三) 分析台灣各地歷年來雨水酸鹼值變化之原因。

年度/站名	基隆	鞍部	台北	新竹	日月潭	阿里山	台南	高雄	恆春	台東	花蓮	宜蘭
61	*	*	5.5	*	6.2	*	*	*	*	*	*	*
62	5.4	*	5.4	*	5.7	*	*	7.5	6.8	6.5	6.7	*
63	*	*	6.1	*	6.2	*	*	*	*	*	*	*
64	*	*	5.7	*	5.9	*	*	*	*	*	*	*
65	*	*	5.8	*	6.1	*	*	*	*	*	*	*
66	5.3	*	5.5	*	5.5	*	*	7	6.9	7.1	6.8	*
67	5.2	*	5.7	*	5.8	*	*	6.8	6.8	7.4	7	*
68	6.5	*	6	*	6.2	*	*	6.7	6.8	7.4	7.3	*
69	6.3	*	6.6	*	6.4	*	*	6.5	6.8	6.8	6.7	*
70	6.6	*	6.7	*	6.7	*	*	6.8	7.1	6.6	6.8	*
71	6.8	*	6.8	*	6.7	*	*	6.8	6.8	6.8	6.9	*
72	6.5	*	6.5	*	6.8	*	*	6.8	6.9	6.9	6.8	*
73	6.7	*	6.4	*	6.7	*	*	6.6	6.8	6.8	6.6	*
74	6.5	*	6.3	*	6.6	*	*	6.5	6.5	6.5	6.1	*

75	5.4	*	4.7	*	5.4	*	*	6.5	6.5	6.8	6.7	*
76	4.3	*	4.3	*	4.4	*	*	6.5	6.2	5.7	6	*
77	4.66	*	4.6	*	4.5	*	*	6.6	6.3	6.6	6.3	*
78	4.5	5.5	4.4	6.4	4.6	6.2	5.5	6.5	6.6	6.6	6.8	6.3
79	4.4	5.6	4.9	5.5	4.4	6.2	5.1	6.1	6.4	6.6	6.9	6.5
80	4.7	6.1	5.1	5.3	5.2	5.9	5.9	6.4	7.2	6.9	6.6	6.4
81	5.3	5.9	5.7	6.1	5.5	6.2	6	6.3	6.8	7	6.4	6.3
82	5.9	6	5.2	6.5	5.9	6.3	6.5	6.4	6.7	6.5	6.6	6.3
83	5.8	5.6	5.4	6.2	4.9	5.8	6.4	6.4	6.8	6.5	6.2	6
84	5.2	5.3	5.5	5.6	5.3	5.6	6.1	5.5	6.1	6.4	5.9	5.8
85	5.3	5.3	5.6	5.5	5.3	6	5.9	5.4	6.6	6.5	5.6	5.8
86	4.76	5.1	5.22	5.7	5.24	5.83	5.75	5.40	6.32	6.50	5.52	5.61
87	5.04	5	5.46	5.9	5.04	5.67	6.16	5.80	6.24	6.57	5.49	5.74
88	4.61	5.5	5.33	5.8	5.47	5.60	5.83	5.73	6.23	6.49	5.55	6.04
89	4.6	5.6	5.1	5.7	5.4	5.7	5.8	5.8	5.9	6.4	5.8	5.90
90	4.60	5.5	4.87	5.6	5.53	5.67	5.62	5.75	5.89	5.87	5.90	5.76
91	4.91	5.7	5.08	5.5	5.26	5.75	5.51	5.78	5.95	5.73	5.99	5.81
92	4.51	5.4	5.30	5.6	5.34	6.00	5.46	5.88	5.90	5.78	6.03	5.78
93	5.37	5.5	5.52	5.5	5.63	5.90	5.84	6.31	6.53	6.58	6.36	6.00
平均值	5.37	5.5	5.52	5.8	5.63	5.90	5.84	6.31	6.53	6.58	6.36	6.00
最高值	6.8	6.1	6.8	6.5	6.8	6.3	6.5	7.5	7.2	7.4	7.3	6.5
最低值	4.3	5	4.3	5.3	4.4	5.6	5.1	5.4	5.9	5.7	5.5	5.6



發現：(一) 台灣雨水最酸的地區是基隆。

(二) 台北、基隆、日月潭三地酸鹼值皆在 75~80 年間明顯下降，推測應與工業發展有關。

(三) 恆春、台東兩地，由於污染較少，雨水酸鹼度大都保持在 pH 值 6.1~7.1 之間，唯 89~92 年間稍微下降至 5.7~5.9。

(四) 最近兩三年間，各地雨水酸鹼值皆慢慢趨於中性，推測應與環保政策推動有關。

研究三：分析國內歷年來合法登記工廠設立與雨水酸鹼值變化情形之關係。

方法：(一) 上網搜尋國內歷年來合法登記工廠的統計，並分析其趨勢。

(二) 將結果與酸雨情形做交叉分析。

結果：

工廠設立時間	所有工廠登記數			目前營運中之工廠登記數		
	家數(家)	百分比(%)	累計百分比(%)	家數(家)	佔總登記工廠百分比(%)	粗存活率(%)
民國 50 年之前	201	0.1	0.1	112	0.0	55.7
民國 50~55 年	95	0	0.1	63	0.0	66.3
民國 55~60 年	58,549	17.4	17.5	17,295	5.1	29.5
民國 60~65 年	2,685	0.8	18.3	1,802	0.5	67.1
民國 65~70 年	3,145	0.9	19.2	2,128	0.6	67.7
民國 70~75 年	26,794	7.9	27.1	6,636	2.0	24.8
民國 75~80 年	94,260	28	55.1	25,651	7.6	27.2
民國 80~85 年	99,675	29.6	84.7	22,755	6.7	22.8
民國 85 年之後	51,778	15.4	100	22,080	6.5	42.6
合計	337,182	100	-	98,522	29.2	-

國內歷年合法登記工廠之設立時間分佈統計圖

發現：民國 60 年到 75 年間，有營運的工廠數量最多為 6636 家，而 75 年以後突然暴增為 25651 家，增加倍率約為四倍，難怪 75 年以後雨水的酸鹼值明顯下降許多。

研究四：分析民國 93 年台灣各地每月雨水酸鹼值的變化情形。

方法：(一) 從中央氣象局網站，下載台灣各地 93 年雨水酸鹼值每月平均統計資料。

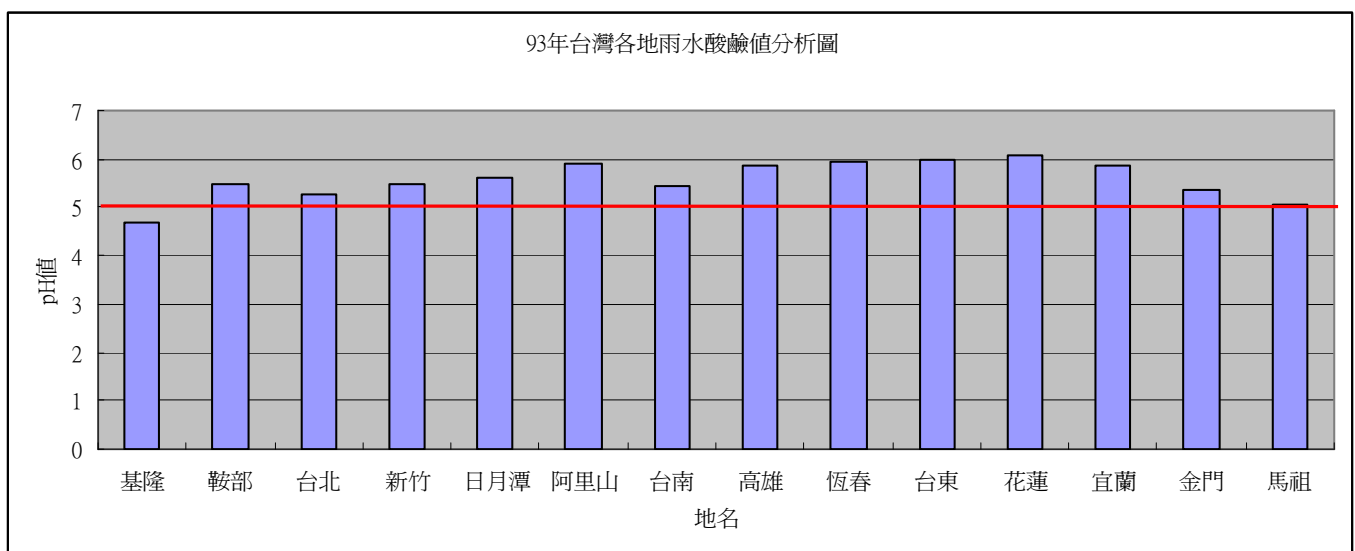
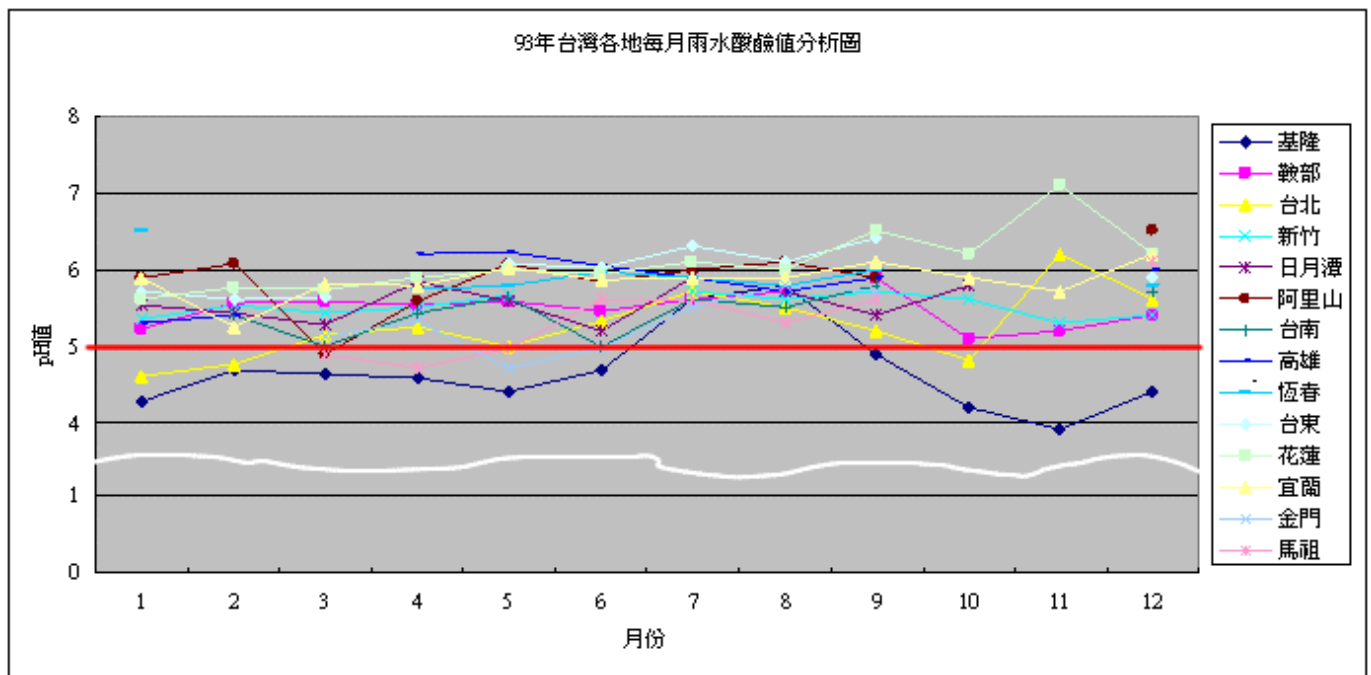
(二) 分析台灣各地 93 年雨水酸鹼值變化，並繪製成折線圖。

(三) 分析台灣各地整年雨水酸鹼值變化原因。



月份/站名	基隆	鞍部	台北	新竹	日月潭	阿里山	台南	高雄	恆春	台東	花蓮	宜蘭	金門	馬祖
1	4.26	5.23	4.6	5.36	5.54	5.9	-	5.3	6.5	5.7	5.6	5.88	-	-
2	4.68	5.56	4.77	5.52	5.42	6.08	5.4	5.4	-	5.6	5.75	5.24	-	-

3	4.64	5.59	5.14	5.44	5.27	4.9	5	-	-	5.63	5.74	5.81	5.12	4.9
4	4.58	5.53	5.25	5.5	5.84	5.59	5.43	6.2	5.73	-	5.9	5.79	5.33	4.72
5	4.39	5.57	5	5.65	5.58	6.07	5.63	6.22	5.775	6.08	5.99	6.02	5.31	4.96
6	4.67	5.46	5.33	-	5.2	5.83	5	6.05	5.97	6.03	5.93	5.86	5.63	5.6
7	5.6	5.6	5.7	5.7	5.9	6	5.6	5.9	5.9	6.3	6.1	5.9	5.5	5.6
8	5.8	5.7	5.5	5.6	5.7	6.1	5.5	5.7	5.8	6.1	6	5.9	5.8	5.3
9	4.9	5.9	5.2	5.7	5.4	5.9	5.8	5.9	6	6.4	6.5	6.1	5.7	5.6
10	4.2	5.1	4.8	5.6	5.8	-	-	-	-	-	6.2	5.9	-	-
11	3.9	5.2	6.2	5.3	-	-	-	-	-	-	7.1	5.7	5.3	-
12	4.4	5.4	5.6	5.4	6.2	6.5	5.7	6	5.8	5.9	6.2	6.2	5.8	6.1
平均	4.67	5.5	5.26	5.49	5.62	5.89	5.45	5.85	5.94	5.97	6.08	5.86	5.35	5.04
最高值	5.8	5.58	6.2	5.65	6.2	6.5	5.8	6.22	6.5	6.4	7.1	6.2	5.63	5.6
最低值	3.9	5.23	4.6	5.36	5.2	4.9	5	5.3	5.73	5.6	5.6	5.24	5.12	4.72



發現：(一) 民國 93 年，台灣各地雨水 pH 值比較：基隆<台北<台南<新竹<鞍部<日月潭<高雄<宜蘭<阿里山<恆春<台東<花蓮。

(二) 冬季（十二月至二月），雨水 pH 值比其他月份酸；而夏季（七月至九月），雨水比較不酸。

推論：(一) 基隆位於台灣最北部，東北季風吹來的大陸污染源是首當其衝，再加上本身有兩座火力發電廠，又是山地包圍的盆地地形，受污染的空氣不易擴散，使得酸雨情形特別嚴重。

(二) 台北因為商業發達，人口數眾多，汽機車數量高居全台之冠，所以排放出來的廢氣使得台北地區酸雨情形較為嚴重。

(三) 花蓮、台東、恆春、阿里山等地較不受工業污染，因此雨水較不酸。

(四) 冬天雨水較其他月份為酸，應是台灣冬季受蒙古高壓影響，盛行東北季風，氣團軌跡路線經過污染較嚴重的大陸、韓國及日本，因此經由長程輸送至台灣而產生酸沈降而造成；而夏天雨水較其他月份不酸，可能是因為台灣夏季受太平洋高壓影響，盛行西南季風，氣團軌跡路線經過東南亞諸國，那裡的污染情況較輕，因此酸雨情形較不嚴重。

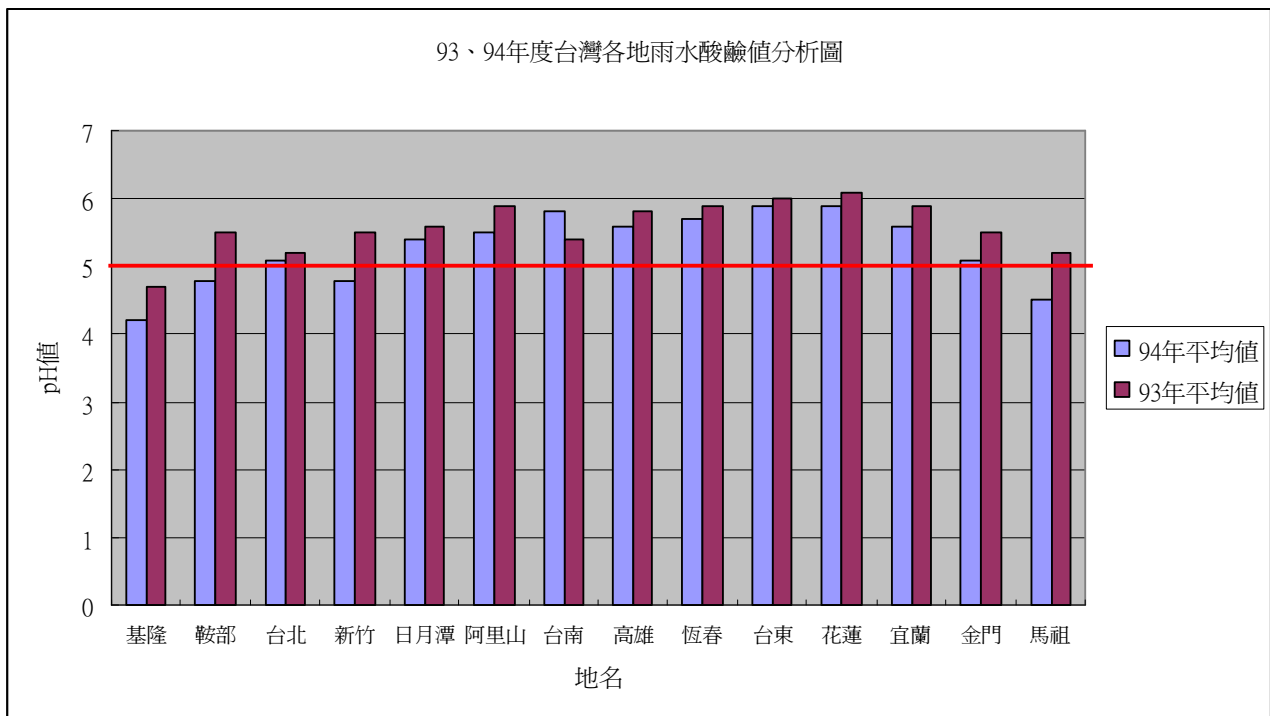
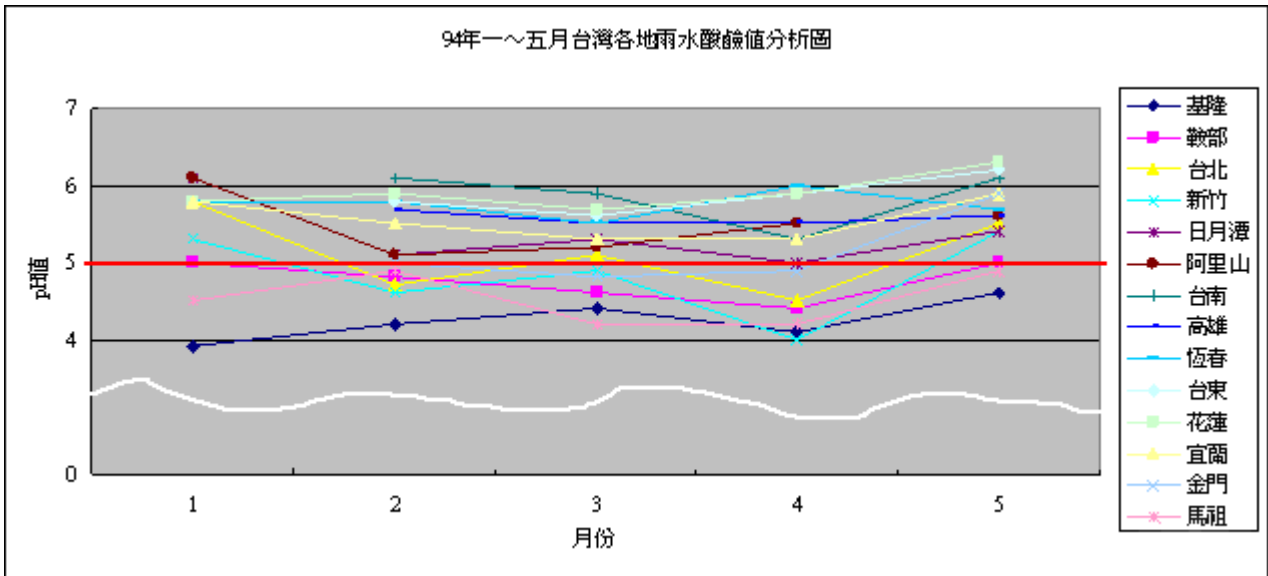
研究五：分析民國 94 年台灣各地一～五月雨水酸鹼值的變化情形。

方法：(一) 從中央氣象局網站，下載台灣各地 94 年雨水酸鹼值一～五月平均統計資料。

(二) 分析 94 年台灣各地一～五月雨水酸鹼值變化，並繪製成折線圖。

(三) 分析 94 年台灣各地一～五月雨水酸鹼值變化原因。

月份站名	基隆	鞍部	台北	新竹	日月潭	阿里山	台南	高雄	恆春	台東	花蓮	宜蘭	金門	馬祖
1	3.9	5	5.8	5.3	6.1	6.1	-	-	5.8	-	5.8	5.8	-	4.5
2	4.2	4.8	4.7	4.6	5.1	5.1	6.1	5.7	5.8	5.8	5.9	5.5	5	4.9
3	4.4	4.6	5.1	4.9	5.3	5.2	5.9	5.5	5.5	5.6	5.7	5.3	4.8	4.2
4	4.1	4.4	4.5	4	5	5.5	5.3	5.5	6	5.9	5.9	5.3	4.9	4.2
5	4.6	5	5.5	5.4	5.4	5.6	6.1	5.6	5.7	6.2	6.3	5.9	5.9	4.9
平均值	4.2	4.8	5.1	4.8	5.4	5.5	5.8	5.6	5.7	5.9	5.9	5.6	5.1	4.5
最高值	4.6	5	5.8	5.4	6.1	6.1	6.1	5.7	6	6.2	6.3	5.9	5.9	4.9
最低值	3.9	4.4	4.5	4	5	5.1	5.3	5.5	5.5	5.6	5.7	5.3	4.8	4.2
93 年度雨水酸鹼值平均	4.7	5.5	5.2	5.5	5.6	5.9	5.4	5.8	5.9	6	6.1	5.9	5.5	5.2



發現：(一) 94年度一到五月份，台灣各地雨水 pH 值比較：基隆<馬祖<鞍部=新竹<台北<日月潭<阿里山<高雄=宜蘭<恆春<台南<台東=花蓮。

(二) 透過訪問得知，氣象局的酸雨採樣器，自九十四年起加裝自動感應的裝置子，每逢下雨時會打開蓋子，不下雨自動蓋上，避免灰塵中和酸雨。因此鞍部站（台北陽明山附近，有硫磺）與新竹站在 93 年皆沒有酸雨，但是 94 年酸雨情形明顯出現，應有極大關係。

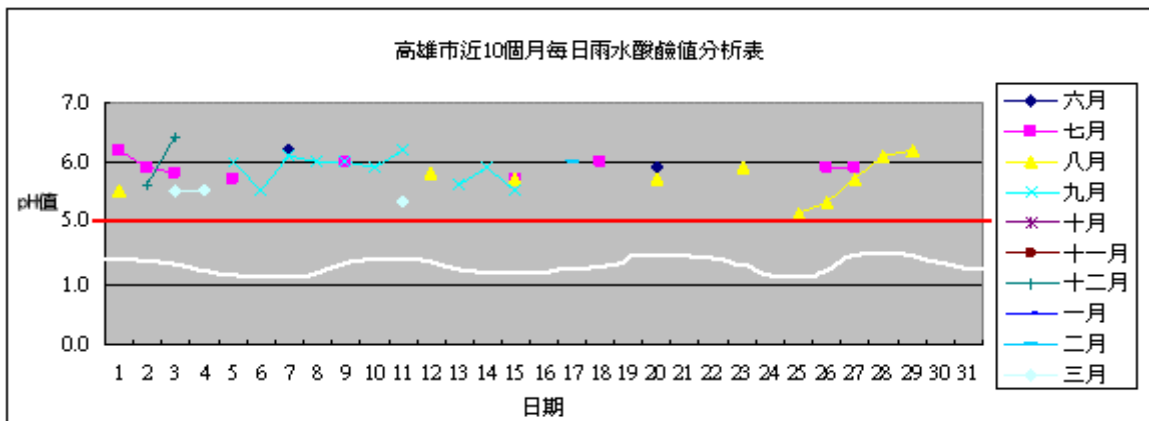
(三) 金門、馬祖鄰近大陸，受到來自大陸的污染應不少，因此雨水也呈現酸雨現象。

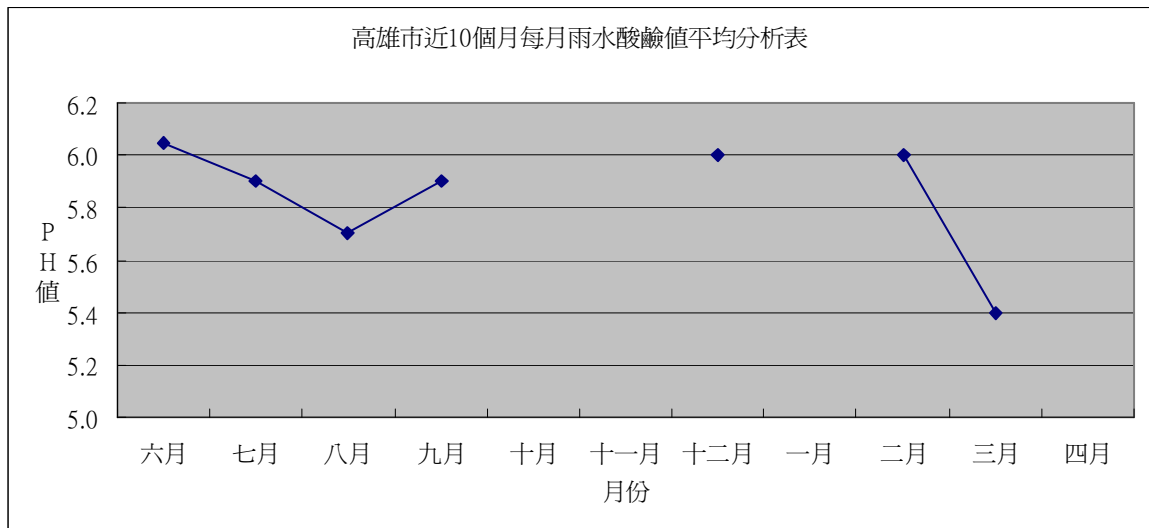
研究六：分析家鄉高雄近一年來雨水酸鹼值的變化情形。

方法：(一) 從中央氣象局網站，下載高雄地區 93 年 6 月至 94 年 3 月每日雨水酸鹼值統計表。

(二) 分析高雄地區近 10 個月(自 93 年 6 月~94 年 3 月)來雨水酸鹼值變化情形。

日期/月份	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	一月	二月	三月
1	-	6.2	5.5	-	-	-	-	-	-	-
2	-	5.9	-	-	-	-	5.6	-	-	-
3	-	5.8	-	-	-	-	6.4	-	-	5.5
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.5
5	-	5.7	-	6	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	5.5	-	-	-	-	-	-
7	6.2	-	-	6.1	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
9	-	6.0	-	6	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	5.9	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	6.2	-	-	-	-	-	5.3
12	-	-	5.8	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	5.6	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	5.9	-	-	-	-	-	-
15	-	5.7	5.7	5.5	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-
18	-	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	5.9	-	5.7	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	5.9	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	5.1	-	-	-	-	-	-	-
26	-	5.9	5.3	-	-	-	-	-	-	-
27	-	5.9	5.7	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	6.1	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	6.2	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
平均值	6.1	5.9	5.7	5.9	-	-	6	-	6	5.4
最高值	6.2	6.2	6.2	6.2	-	-	6.4	-	6	5.5
最低值	5.9	5.7	5.1	5.5	-	-	5.6	-	6	5.3
採樣數	2	9	10	10	0	0	2	0	1	3





- 發現：(一) 高雄降雨集中在七~九月，十月、十一月及一月份則幾乎沒有降雨。
 (二) 根據氣象局資料顯示，高雄市雨水酸鹼度介於 pH 值 5~7 之間，就數據看來並無酸雨情形。
 (三) **連續多日降雨，雨水酸鹼值大部分都是愈來愈高 (8/25~29、9/6~9、12/2~3)，推測應該是因為連續多日降雨，空氣中的酸性物質已經大部分溶到雨水當中，所以後來的 pH 值才會升高。**

研究七：透過實地探訪，瞭解氣象站檢測雨水的情形。

經過電話聯絡，我們知道高雄氣象站是設在前鎮區前鎮漁港附近，於是約好時間就出發去拜訪了。以下是探訪所得：

- (一) 透過酸雨採樣器，可以採集雨水樣品做檢測。這台採樣器有自動感應裝置，下雨時會自動打開蓋子，免得雜物掉進裡面，影響 pH 值。
- (二) 採集雨水的方式是測量一天(今天 9:00am~明天 9:00am)的雨水，一天只測一次。
- (三) 檢測酸雨時，pH 測定儀要先校正，並求得正確的斜率值之後再做檢測。
- (四) 爲了瞭解我們檢測儀器的準確度，特地帶去與氣象站的檢測儀做比較，結果誤差值只有 0.02，可信度很高。



我們親自探訪氣象站瞭解雨水檢測情形。



這台酸雨採樣器下雨時會自動掀開蓋子。



這一台是我們的 pH 檢測儀，與氣象站的儀器誤差值只有 0.02。



劉叔叔爲我們操作一次酸雨的檢測過程

研究八：實地蒐集住家附近的雨水，並做檢測及分析。

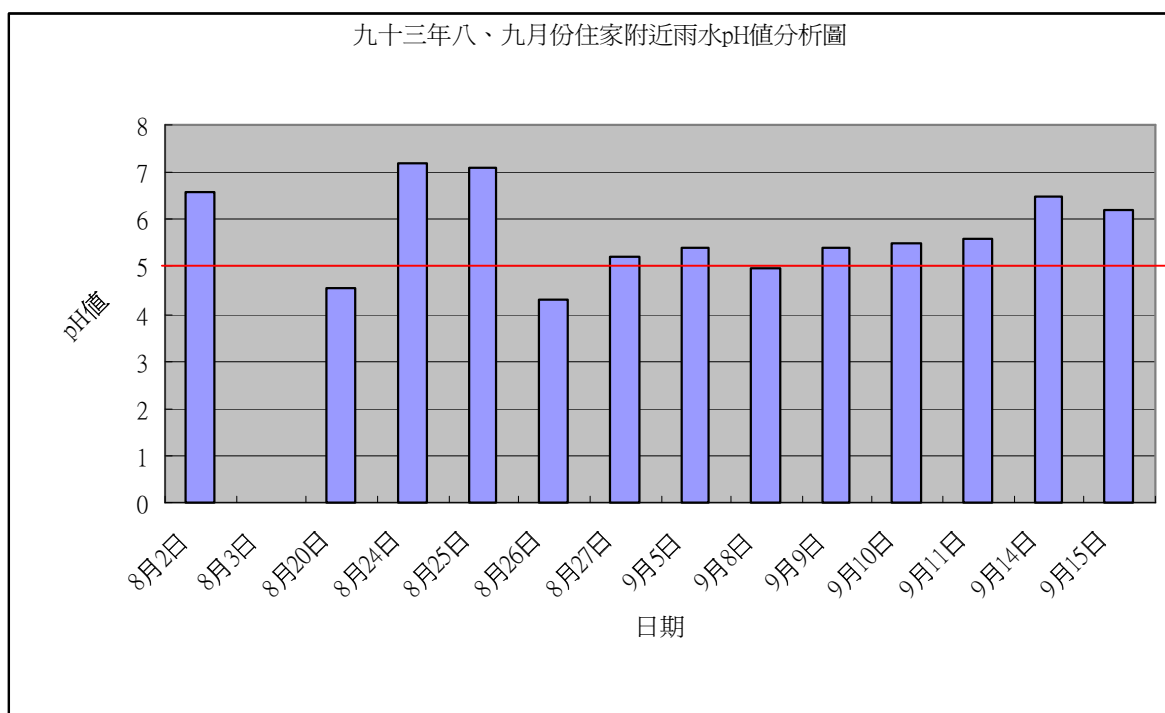
方法：(一) 在住家頂樓放置一個長的玻璃瓶，做蒐集雨水之用。

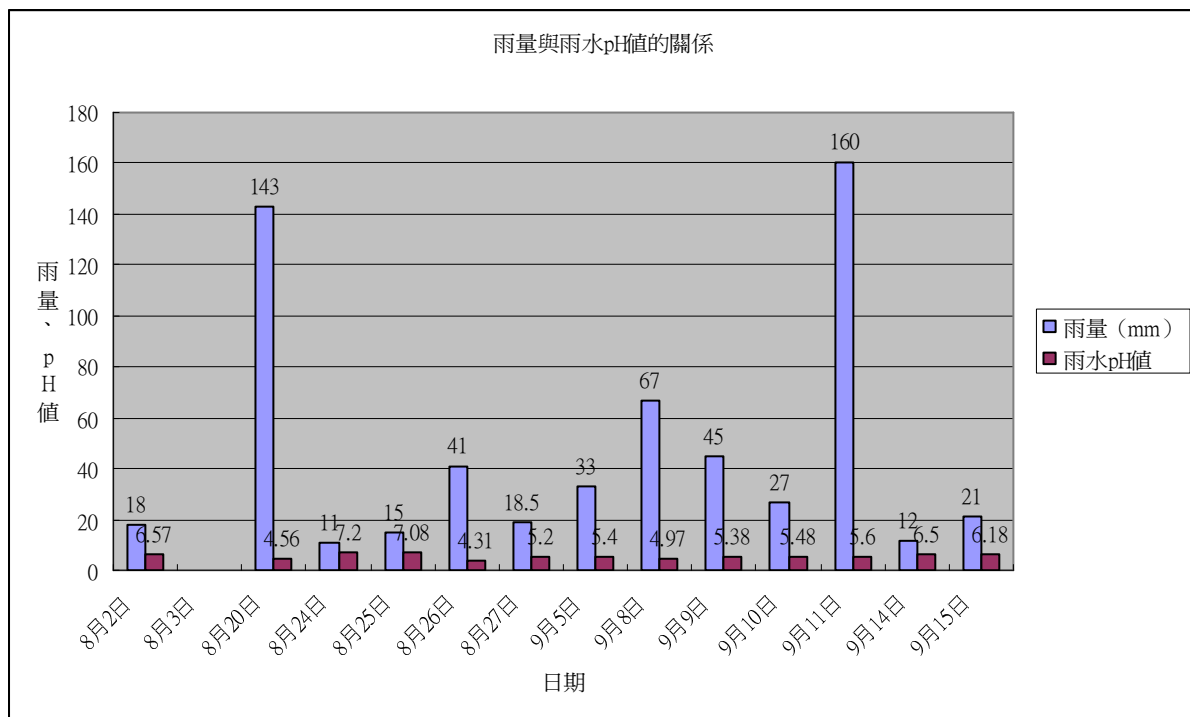
(二) 每當下雨過後，立即測量其 pH 值、雨量並做記錄。

結果：



日期	時間	雨量 (mm)	雨水 pH 值	備註
2004.08.02	15:50~16:10	18	6.57	
2004.08.03	11:00~11:40			下毛毛雨
2004.08.20	17:00~18:30	143	4.56	
2004.08.24	00:00~06:00	11	7.20 (露水影響?)	間歇下毛毛雨
2004.08.25	凌晨	15	7.08	艾莉颱風，高雄只有風大一點點
2004.08.26	22:20~05:00	41	4.31	中午颱風警報解除
2004.08.27	11:40~16:30	18.5	5.20	斷斷續續地下
2004.09.05	09:00~09:20	33	5.40	
2004.09.08	17:30~05:00	67	4.97	
2004.09.09	22:00~06:00	45	5.38	
2004.09.10	22:00~06:00	27	5.48	
2004.09.11	13:30~12:00	160	5.60	
2004.09.14	21:30~07:30	12	6.50	
2004.09.15	08:30~18:00	21	6.18	





- 發現：(一) 在九十三年度中，八、九月是高雄一年來降雨的高峰期，我們所蒐集的十五次降雨中，有三次 pH 值低於 5，呈現酸雨的狀態。
- (二) **酸雨的出現，與雨量似乎沒有明顯的關係。**
- (三) 從九月八日到九月十一日的連日下雨看來，**雨水的 pH 值有越來越高的趨勢。**
- (四) 我們所測得的資料與中央氣象局的資料有點出入，應該是因為所蒐集地點不同，空氣污染情形不同所造成。

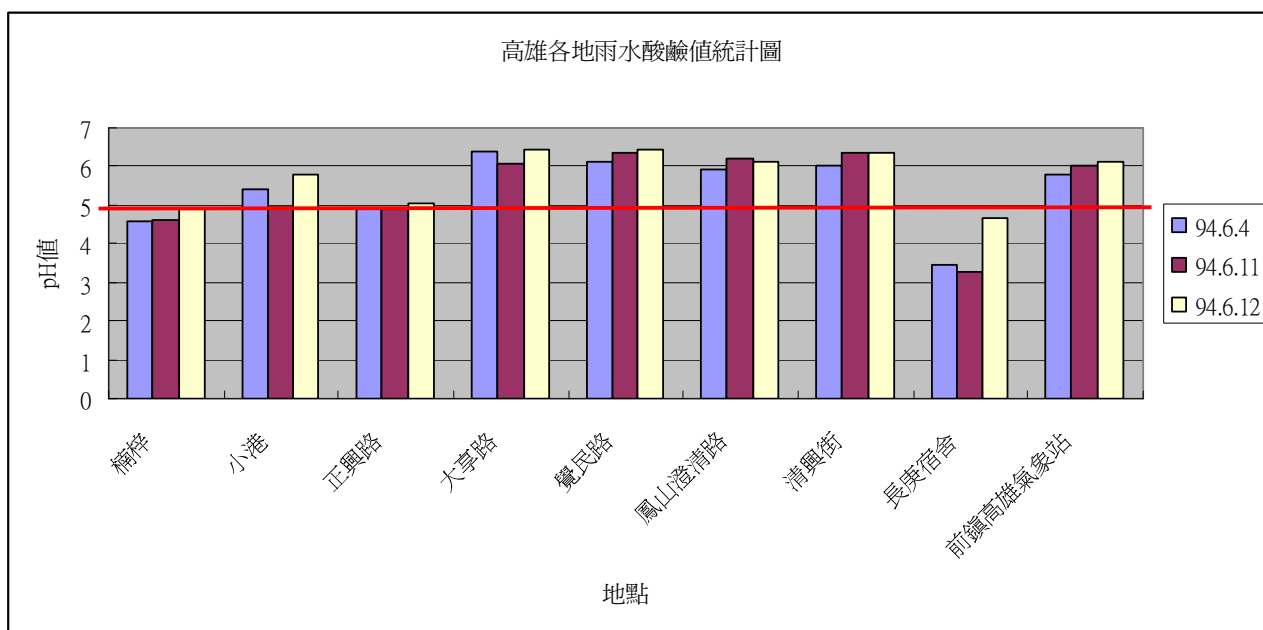
研究九：分別在不同地點進行雨水蒐集，其 pH 值是否有所不同？

方法：(一) 下雨時分別在各地放置 500cc 的燒杯，以蒐集雨水。

(二) 待雨停之後測量雨水的 pH 值，並與高雄氣象站資料做比較。

結果：

pH 值 日期	楠梓 (靠近煉油廠)	小港 (靠近中鋼，附近有許多工廠)	三民區 正興路 (靠近車水馬龍的省道，離焚化爐不遠)	大享路 (住宅區，鄰近焚化爐)	覺民路 (住宅區，旁邊有公園)	鳳山澄 清路 (住宅區，大馬路旁)	清興街 (學校附近)	長庚宿 舍 (離仁武工業區不遠)	前鎮高 雄氣象 站 (鄰近海洋、前鎮漁港)
94.6.4	4.56	5.41	4.88	6.38	6.12	5.93	6.03	3.46	5.8
94.6.11	4.64	4.95	4.91	6.06	6.34	6.22	6.34	3.25	6.0
94.6.12	4.88	5.78	5.06	6.43	6.43	6.12	6.33	4.66	6.1



發現：

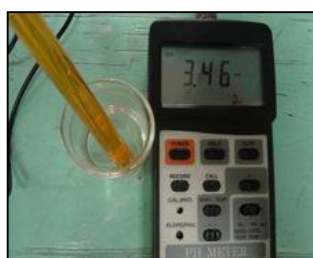
- (一) 蒐集地點不同，雨水的 pH 值差異就很大，建議中央氣象站應在多一點地方檢測雨水，如此才能客觀分析高雄的酸雨現象。
- (二) 楠梓區鄰近煉油廠，雨水呈現酸雨的現象；正興路位於車水馬龍的省道附近，來往車輛非常多，雨水也呈酸雨現象；長庚宿舍的雨水異常的酸，是否與長庚有醫療廢棄物的焚燒，或是鄰近仁武工業區，抑或位於焚化爐附近有關係，十分值得追蹤探討。
- (三) 位於學校旁的清興街、公園旁的覺民路、住宅區的澄清路，雨水比較不酸，應該和這一帶的空氣較沒有受到很大的污染有關。
- (四) 大享路雖然緊鄰著焚化爐，但雨水卻沒有想像中的酸，我們推測是因為焚化爐的落塵隨著風向飄到四方，而焚化爐附近的空氣品質反而較不受影響。
- (五) 前鎮氣象站的雨水 pH 值比起市區的雨水 pH 值偏高一些，我們分析是因為靠海的前鎮漁港空氣品質較好，且就蒐集的資料顯示，海洋的海水飛沫是一種致鹼物質，因此雨水 pH 值偏高，這樣的數據是否能代表高雄的雨水酸鹼值，十分值得注意。



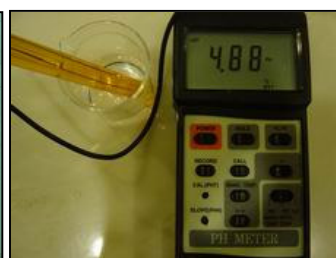
我們在各處進行雨水的蒐集



我們都以 500c.c 的玻璃燒杯蒐集雨水



長庚宿舍頂樓的雨水竟然達到



正興路的雨水也是酸雨

3.46

研究十：同一場雨，每個小時所測得的 pH 值會一樣嗎，又其 TDS 值會改變嗎？

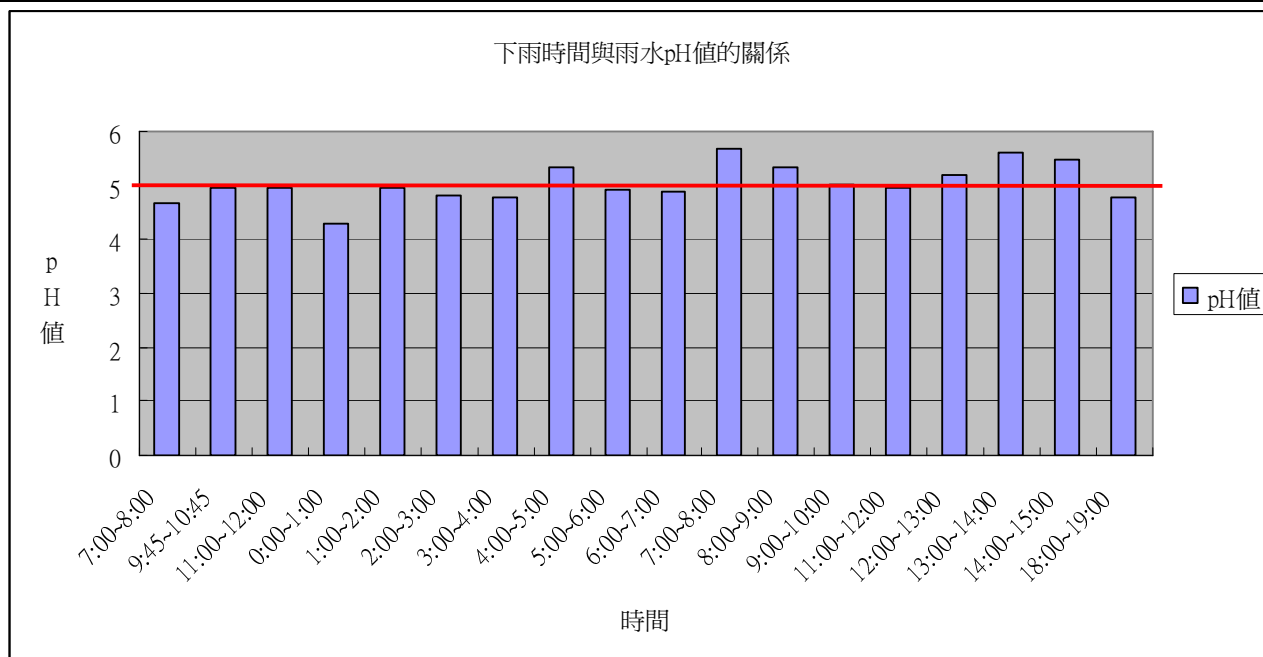
方法：(一) 在同一地點（正興路）放置一個 500c.c 的燒杯，下雨時放在頂樓蒐集雨水。

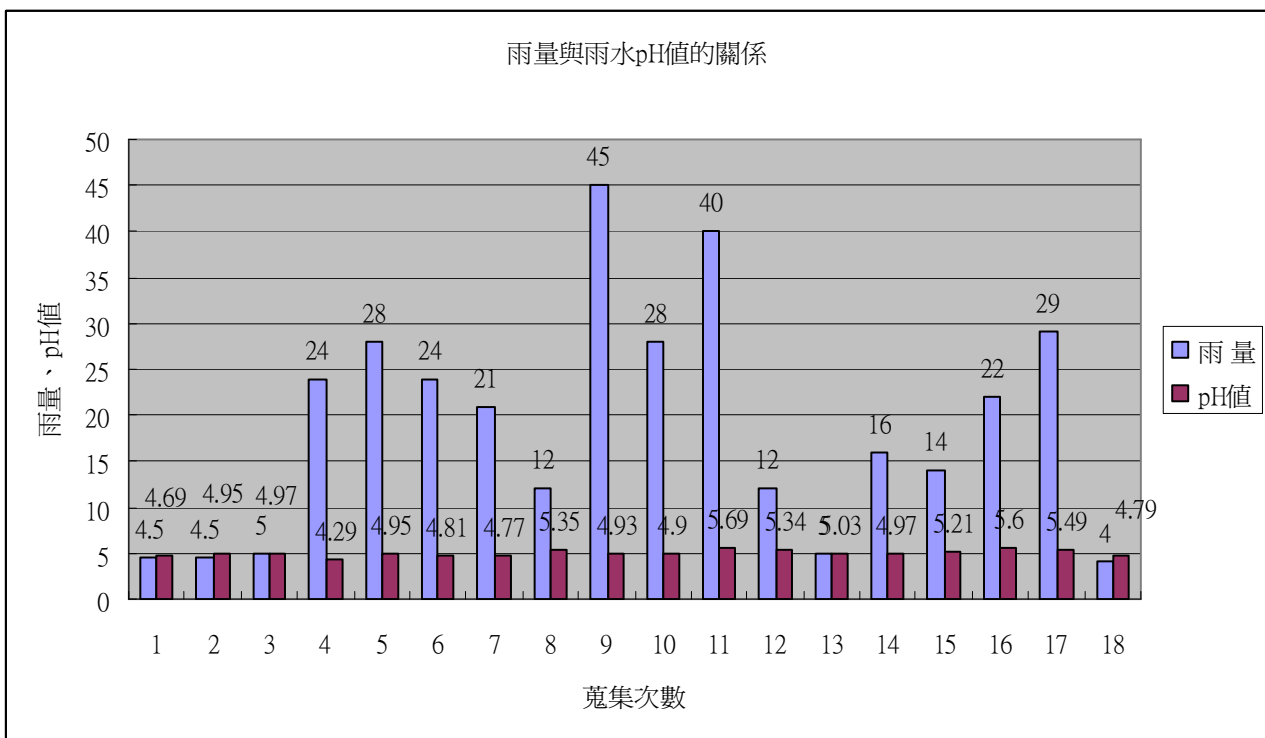
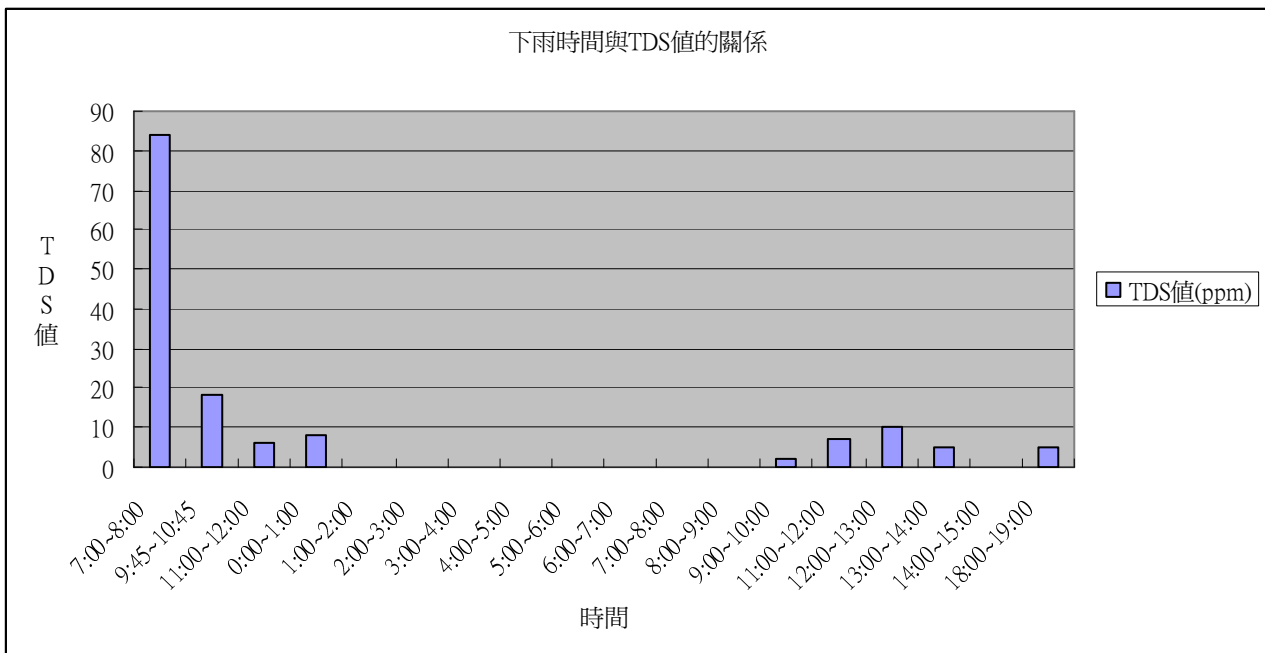
(二) 每隔一小時更換乾淨的燒杯，並將所蒐集到的雨水馬上測量 pH 值及 TDS 值。

註：TDS 值（總溶解固體量），我們將其定義為雨水含雜質的程度。

結果：

日期	時間	雨量	pH 值	TDS 值(ppm)	備註
94.6.11	7:00~8:00	4.5mm	4.69	84	
94.6.11	9:45~10:45	4.5mm	4.95	18	
94.6.11	11:00~12:00	5mm	4.97	6	
94.6.12	0:00~1:00	24mm	4.29	8	先是毛毛雨，0:20 左右下起滂沱大雨，至 0:40 雨勢變小。
94.6.12	1:00~2:00	28mm	4.95	0	1:15 左右雨勢又變大，一直是大雷雨。
94.6.12	2:00~3:00	24mm	4.81	0	大雷雨
94.6.12	3:00~4:00	21mm	4.77	0	大雷雨
94.6.12	4:00~5:00	12mm	5.35	0	3:15 雨勢變小了，3 點 20 雨勢又加大。
94.6.12	5:00~6:00	45mm	4.93	0	滂沱大雨，打雷。
94.6.12	6:00~7:00	28mm	4.90	0	大雷雨
94.6.12	7:00~8:00	40mm	5.69	0	大雷雨
94.6.12	8:00~9:00	12mm	5.34	0	雨勢變小
94.6.12	9:00~10:00	5mm	5.03	2	
94.6.12	11:00~12:00	16mm	4.97	7	
94.6.12	12:00~13:00	14mm	5.21	10	
94.6.12	13:00~14:00	22mm	5.60	5	
94.6.12	14:00~15:00	29mm	5.49	0	三點左右雨停了
94.6.12	18:00~19:00	4mm	4.79	5	六點又開始下雨





發現：

- (一) 大致說來，剛開始下的雨水都比較酸，之後 pH 值慢慢升高。但如果中間間隔一段時間之後，pH 值又會下降，推測是與交通又開始繁忙，或工廠又開始運作，或是風向突然帶來空氣污染有關。
- (二) 剛開始下雨時的 TDS 值較高，也就是雜質較多，慢慢的 TDS 會變小，連續豪雨之後，TDS 值會保持在 0，表示雨水幾乎沒有雜質，但雨水仍有酸雨的現象，這點值得重視。
- (三) 中央氣象站的雨水是一天檢測一次，但其實我們發現每一段時間的 pH 值都不同，最後檢測結果沒有酸雨的現象，並不表示過程中真的沒有酸雨的產生。



(四) 雨量和雨水 pH 值似乎沒有絕對的關係。照理說，雨量越大應該可以稀釋更多的酸性物質，但之所以有這樣的結果，我們推測與風向及空氣流動有關。

研究十一：透過實地探訪，瞭解空氣污染的來源。



當我們一群人到達學校附近的機車行表明來意時，老闆娘很熱心的為我們解說機車廢氣檢驗的要點，並實際操作講解給我們看。我們在她的敘述中，瞭解到以下的重點：

(一) 機車廢氣檢驗要檢驗的是一氧化碳(CO), 二氧化碳(CO₂)及碳氫(HC)，而機車廢氣檢驗的標準是一氧化碳的數值要小於 4.5，二氧化碳的數值要大於 3，碳氫則是不能超過 7000，其中一氧化碳及碳氫是有毒物質。

排放標準		黃色標籤範圍(合格邊緣)	藍色標籤範圍(合格)
CO (%)	4.5	$3.5 < CO \leq 4.5$	$CO \leq 3.5$
HC (ppm)	9000	$7000 < HC \leq 9000$	$HC \leq 7000$

(二) 二行程機車與四行程機車的差別是二行程機車污染偏高，四行程機車污染低。而二行程機車的排氣管會排出濃濃的黑煙，四行程機車則排氣管比較沒有煙。

(三) 為了改善空氣污染，民國 92 年底，政府全面禁止販賣二行程機車。

(四) 二行程和四行程的摩托車要怎麼分辨？答案是：

二行程機車無汽門，由機油與汽油混合燃燒及潤滑，其作動原理是由「進氣」「壓縮」為一進程、「點爆」「排氣」為一進程，故簡述為二行程。

四行程機車則是以活塞動作細分為「進氣」、「壓縮」、「點爆」、「排氣」四個程序，其作動比二行程機車較為繁雜、精細，燃燒亦較二行程完全，較無污染。

研究十二：探討各種氣體溶解在水中可能的情形。

方法：(一) 將容器內各裝入 500c.c.的蒸餾水測得 pH 為 7.06。

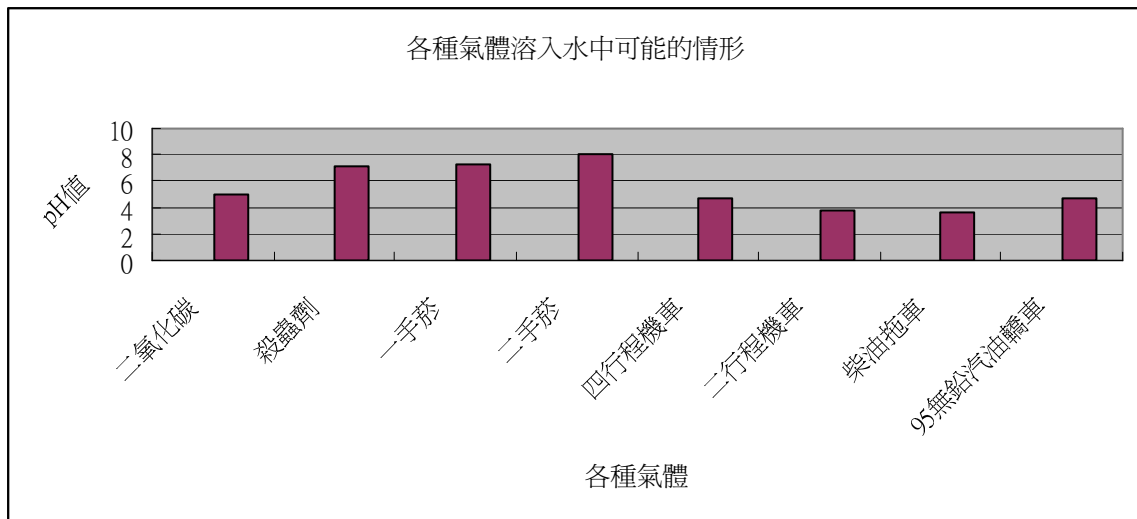
(二) 分別將各種氣體溶入水中，以 pH 測定儀測定其 pH 值，直到 pH 值連續三分鐘不再改變為止。

(三) 記錄飽和後的 pH 值。

結果：



加入氣體	二氧化碳(吹氣)	殺蟲劑	一手菸	二手菸	四行程機車	二行程機車	柴油拖車	95 無鉛汽油轎車
pH 值	5.07	7.05	7.22	8.05	4.65	3.86	3.69	4.69



- 發現：(一) 溶入柴油拖車廢氣的水最酸，其次是二行程機車
 (二) 二行程機車比四行程機車的污染多，溶入的水也比較酸。
 (三) 日常生活中，**汽機車(尤其是柴油拖車)的排氣對酸雨的形成，有直接的影響。**
 (四) 在做香菸抽氣溶入水裡面的實驗時，我們意外發現橡膠管所殘留的黑色物質，那應該是焦油，可見吸煙者的肺是黑色的，是不無道理的。

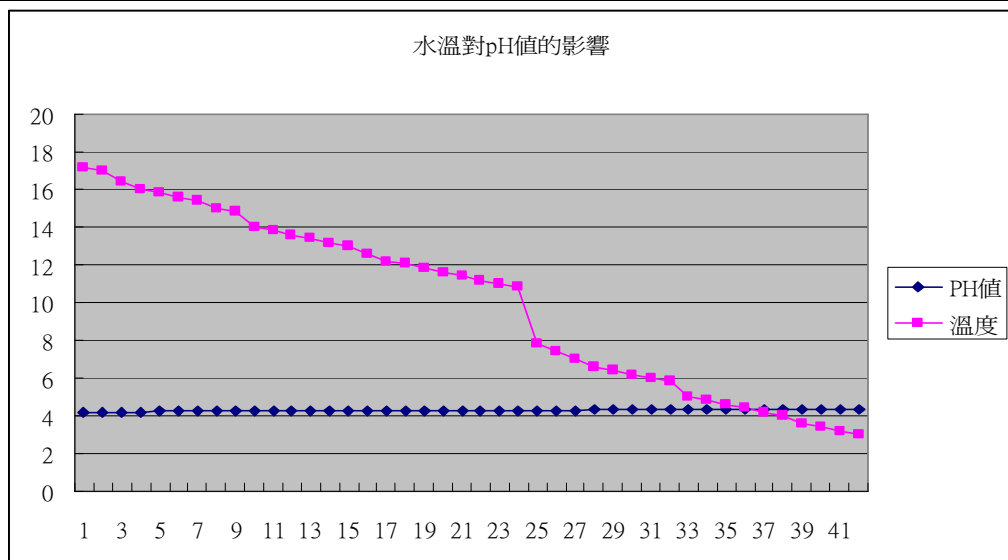


研究十三：探討水溫對 pH 值的影響。

- 方法：(一) 將研究十二所取得的酸雨倒入兩個 50c.c.的小燒杯中。
 (二) 將一杯放入置有冰塊的 1000c.c 塑膠盒中降溫，插入溫度計及 pH 測定儀，每 0.2 度記錄一次 pH 值。
 (三) 將另一杯燒杯以酒精燈加熱，插入溫度計及 pH 測定儀，每 0.2 度記錄一次 pH 值。

結果：

溫度	55.5	55.4	55.0	54.8	54.6	54.4	53.9	53.6	51.9	50.6	49.2	46.0	44.0	42.0
PH 值	3.99	3.98	3.96	3.86	3.93	3.82	3.98	4.03	4.03	4.04	4.04	4.01	4.02	4.02
溫度	38.5	36	34	33	32.8	32.0	30.0	28.6	28.2	27.4	18.4	18.0	17.8	17.6
PH 值	4.03	4.06	4.06	4.06	4.08	4.13	4.13	4.15	4.15	4.16	4.15	4.16	4.15	4.18
溫度	17.2	17.0	16.4	16.0	15.8	15.6	15.4	15.0	14.8	14.0	13.8	13.6	13.4	13.2
PH 值	4.18	4.20	4.20	4.20	4.21	4.21	4.21	4.21	4.21	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23
溫度	13.0	12.6	12.2	12.1	11.8	11.6	11.4	11.2	11.0	10.8	7.8	7.4	7.0	6.6
PH 值	4.25	4.25	4.25	4.25	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.23	4.28	4.28	4.28	4.30
溫度	6.4	6.2	6.0	5.8	5.0	4.8	4.6	4.4	4.2	4.0	3.6	3.4	3.2	3.0
PH 值	4.31	4.31	4.31	4.31	4.33	4.33	4.35	4.37	4.37	4.37	4.35	4.33	4.33	4.33



發現：基本上水溫對酸雨 PH 值的影響相當小，不過還是可以看得出來高溫時 PH 值稍微低一些，低溫時 PH 值會提升一點，我們推測的原因有二：一是高溫時，水分散失，酸性物質濃度較高一些；二是因為高溫時，氣體的溶解度降低，因此酸性物質釋出較多造成。

討論：這項實驗的結果是否可以推論到氣溫對酸雨的影響，值得進一步研究。

研究十四：探討紫外線強度對 pH 值的影響。

方法：(一) 將研究一所取得的酸雨倒入五個 50c.c.的小燒杯中(PH 值 4.65)。
 (二) 將燒杯分別以不同數量的紫外線燈照射，一個小時後測量 PH 值。

結果：

紫外線燈 盞數	一盞 34 微瓦	二盞 68 微瓦	三盞 102 微瓦
PH 值	4.65	4.65	4.64

發現：紫外線燈的多寡，不太看得不出來對酸雨的 pH 值有影響。



研究十五：探討紫外線照射時間對 PH 值的影響。

方法：(一) 將研究一所取得的酸雨倒入五個 50c.c.的小燒杯中(pH 值 4.65)。
 (二) 將燒杯以一盞紫外線燈照射一個小時、兩個小時、三個小時、四個小時、五個小時、六個小時後測量 pH 值。

結果：

照射時間	一個小時	二個小時	三個小時	四個小時	五個小時	六個小時
pH 值	4.65	4.65	4.65	4.65	4.65	4.65

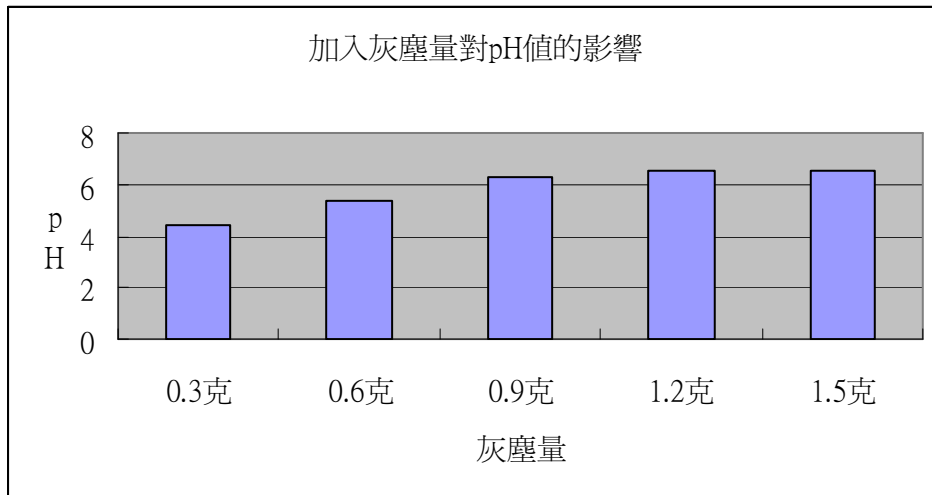
發現：紫外線照射的時間對酸雨的酸鹼值無明顯的影響。

研究十六：探討灰塵量對 PH 值的影響。

方法：(一) 將研究一所取得的酸雨倒入五個 500c.c.的小燒杯中(pH 值 3.86)各 100c.c.。
 (二) 將燒杯以加入學校所蒐集的不同量的灰塵，並測量其 pH 值。

結果：

灰塵量	0.3 克	0.6 克	0.9 克	1.2 克	1.5 克
pH 值	4.42	5.36	6.30	6.49	6.49



發現：灰塵量越多，pH 值不但不會下降，反而上升。

推論：其實塵土是一種人爲的致鹼物質，所以我們加越多塵土就會中和酸雨轉至中性。



研究十七：不同地方所蒐集來的灰塵，對 pH 值的影響都一樣嗎？

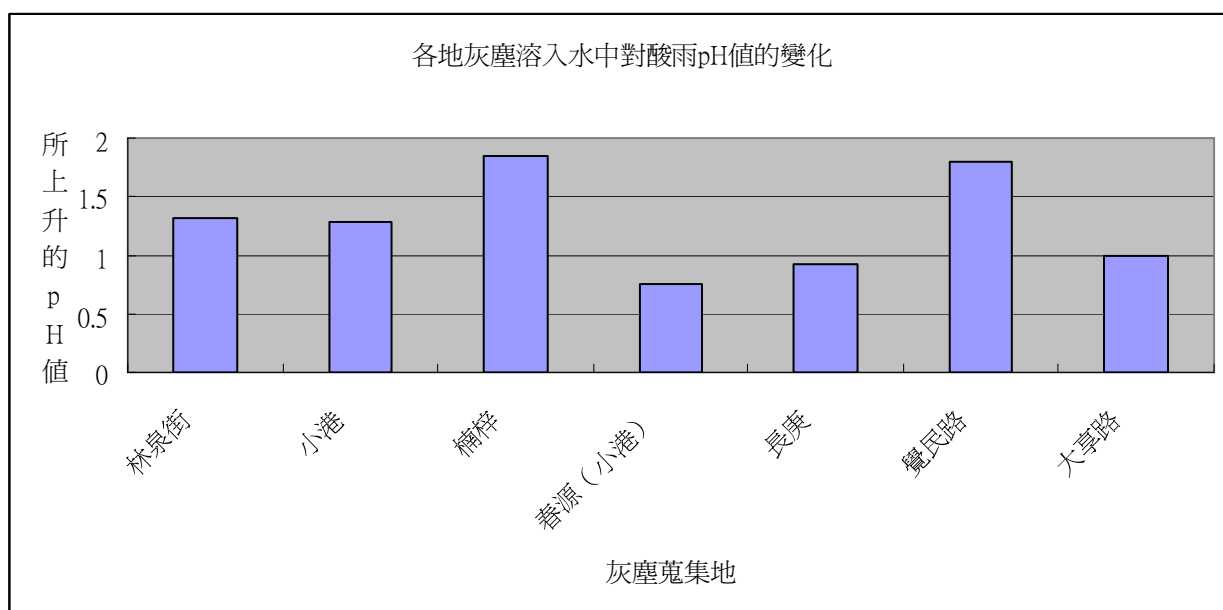
方法：(一) 將研究一所取得的酸雨倒入五個 50c.c.的小燒杯中(pH 值 3.84)各 50c.c.。

(二) 將燒杯加入各地所蒐集的灰塵各 0.3 克，充分攪拌後測量其 pH 值。

結果：

灰塵蒐集地	林泉街	小港	楠梓	春源(小港)	長庚	覺民路	大享路
原 pH 值	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84
後 pH 值	5.16	5.13	5.62	4.60	4.77	5.64	4.84
共上升	1.32	1.29	1.84	0.76	0.93	1.80	1.00





發現：(一) 不同的灰塵會使酸雨 pH 值有不同的變化，但全部都是使 pH 值升高。

(二) 由實驗中發現，春源地區的塵土使雨水酸鹼值上升最少，再來是長庚醫院附近，使雨水酸鹼值變化最多的是覺民路蒐集的塵土。

推論：(一) 高雄各地蒐集到的塵土，都會使雨水酸鹼值升高，證明**塵土是人為的致鹼物質**。

因此**如果該地所蒐集到的雨水不酸，應該要考慮是否有塵土中和 pH 值的情形**。

(二) 長庚的灰塵使雨水 pH 值上升較少，這是否也能解釋長庚雨水偏酸的原因？十分值得進一步探討。

研究十八：探討酸雨所造成的影響。

實驗(一) 對植物：

方法 1.我們放了三杯 50c.c.的二行程機車廢氣水、四行程機車廢氣水和一杯清水。

2.將三片非洲堇的葉子放入三杯液體中。

3.經過十天觀察記錄其根部生長的情形。

結果：

浸泡液	二行程機車廢氣水 (PH3.86)	四行程機車廢氣 (PH4.65)	一杯清水 (PH7.69)
葉子變化	最底部已經有點開始爛掉了。	已經有一小部分爛到而且變黑了。	完好如初

發現：泡酸雨水的葉子都有明顯爛掉的情形。

推論：**酸雨對植物的生長，有負面的影響。**



實驗（二）對金屬：

- 方法 1.將 4.5 克的鋼棉各 2 團，均勻拉成 10 cm × 10 cm 的正方形，各泡入 500 cc 的水 (PH7) 及 500 cc pH3.86 的酸雨中。
- 2.放置 8 分鐘後，將它放在盤子裡。
- 3.一天之後秤重量並觀察記錄其結果。

結果：

浸泡液體 鋼棉重量	清水 pH7.89	酸雨 pH3.86
生鏽前重量	4.5g	4.5g
生鏽後重量	9.5g	7.9g
增加重量	5.0g	3.4g

發現：清水的生鏽後重量 > pH3.86 的酸雨生鏽後重量

推論：**酸性液體會加速腐蝕金屬**，因此所增加的重量沒有清水來的重，而且表面很明顯的有受腐蝕而剝落的現象。



清水使鋼棉生鏽的情形



酸雨會加速腐蝕的作用

陸、結論：

- 一、雨水酸鹼值達 5.0 以下時，即為「酸雨」。
- 二、94 年度一到五月份，台灣各地雨水 pH 值比較：基隆 < 馬祖 < 鞍部 = 新竹 < 台北 < 日月潭 < 阿里山 < 高雄 = 宜蘭 < 恆春 < 台南 < 台東 = 花蓮。
- 三、基隆位於台灣最北部，因此東北季風吹來的大陸污染源是首當其衝，再加上本身有兩座火力發電廠，又是山地包圍的盆地地形，因此受污染的空氣不易擴散，使得酸雨情形特別嚴重。
- 四、台灣冬季容易形成酸雨，可能與東北季風所吹的方向，經過空氣污染嚴重的大陸、韓國及日本有關。
- 五、連續多日降雨，雨水酸鹼值大部分都是愈來愈高。
- 六、降雨量多寡與雨水酸鹼值並無明顯相關。
- 七、氣象站設立地點所蒐集到的雨水，並不能完全代表該地區雨水的酸鹼值。
- 八、每個小時所下的雨 pH 值皆不同，建議氣象站進行雨水檢測時應考慮這一點，因為最後檢測結果沒有酸雨的現象，並不表示過程中真的沒有酸雨的產生。
- 九、大致說來，剛開始下的雨水都比較酸，之後 pH 值慢慢升高。但如果中間間隔一段時間之後，pH 值又會下降。
- 十、柴油拖車與二行程機車的空氣污染嚴重，廢氣溶入水中，pH 值可達 3.69、3.86。

- 十一、水溫對酸雨 PH 值的影響相當小，不過還是可以看得出來高溫時 pH 值稍微低一些，低溫時 pH 值會提升一點。
- 十二、紫外線照射的時間與強度對酸雨的酸鹼值較無顯著的影響。
- 十三、塵土是一種人爲的致鹼物質，因此會中和酸雨。
- 十四、酸雨對植物的生長有負面的影響。
- 十五、酸雨會加速腐蝕金屬而有表面剝落的現象。



柒、討論：

- 一、pH 測定儀每次使用時，都要用校正液校正過，才能求得正確的酸鹼值。
- 二、在將氣體溶入水中時，應該等到 pH 測定儀數值持續保持不動，才算已經達到飽和。
- 三、我們應該定期檢驗車子，如果有廢氣不合格的情形，應該隨時保養，以免污染空氣，造成酸雨。
- 四、在做紫外線的實驗時，要將燈管密封在紙箱內，避免對自己造成傷害。
- 五、我們所蒐集到的灰塵，僅限於高雄幾個代表區，其對 pH 值的影響都是變鹼。台灣其他地區的灰塵是否都是如此？也值得以後繼續探討。

捌、心得感想：

這次研究讓我們深深瞭解酸雨的可怕，也明白台灣目前受酸雨污染的情形，更從資料分析與實地蒐集中，知道高雄的酸雨其實一直在發生著；甚至，我們也發現氣象站進行酸雨檢測時應改進的地方。而透過實驗證實，柴油拖車與二行程機車所造成空氣污染的嚴重性；經由一連串的探討後，我們更深刻體悟酸雨形成的原因及所造成的危害；最重要的是，這個有意義的研究，喚起我們對於保護環境的重視，因為只有好好愛護地球，才能永久生存在這美麗的空間。

玖、參考資料：

- 台灣酸雨資訊網 <http://acidrain.atm.ncu.edu.tw/>
- 中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/index-f.htm>
- 經濟部工業局 <http://www.moeaidb.gov.tw/portal/index.jsp>

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 自然科

佳作

081552

酸雨知多少

高雄市三民區東光國民小學

評語：

引用氣象局資料及文獻探討，長時間的取樣檢測酸雨的數值，加以探究酸雨與家鄉地區的相關性，並設計多種相關實驗，堪稱佳作。