

中華民國第四十八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

080818

教室中的沙塵暴—粉筆灰落塵的觀察與改善

學校名稱：高雄縣岡山鎮岡山國民小學

作者：	指導老師：
小六 林怡伶	李震甌
小六 蔡宛芯	吳麗玲
小六 葉文琦	
小六 林廷翰	
小六 莊寓勝	

關鍵詞：粉筆、粉筆灰、落塵

# 摘要

粉筆和板擦是老師們上課時的重要工具，在無法完全不用它們的情況下，我們試圖找出減少粉筆落塵量的有效方法。從實驗中我們發現，教室粉筆的使用量有隨著年級增高而增加的趨勢，用量越多所產生的粉筆灰落塵就越多。

我們進一步發現，粉筆經過書寫和板擦擦拭，大約有 70% 會形成粉筆灰落塵，其中的 45% 散落在粉筆槽外。散落教室的落塵在有風的環境比無風環境散播得更遠更均勻。而座位在距離黑板 2.5m 外受到的影響會較少。此外我們也發現粉筆灰落塵近 3/4 來自書寫的過程，1/4 來自擦拭的過程。使用環保粉筆並將書寫速率降低到每秒 50 cm 以下，可有效減少書寫的落塵量。而放慢擦拭速率，並用濕抹布擦過再用乾抹布擦乾，較能有效降低擦拭過程所產生的落塵。

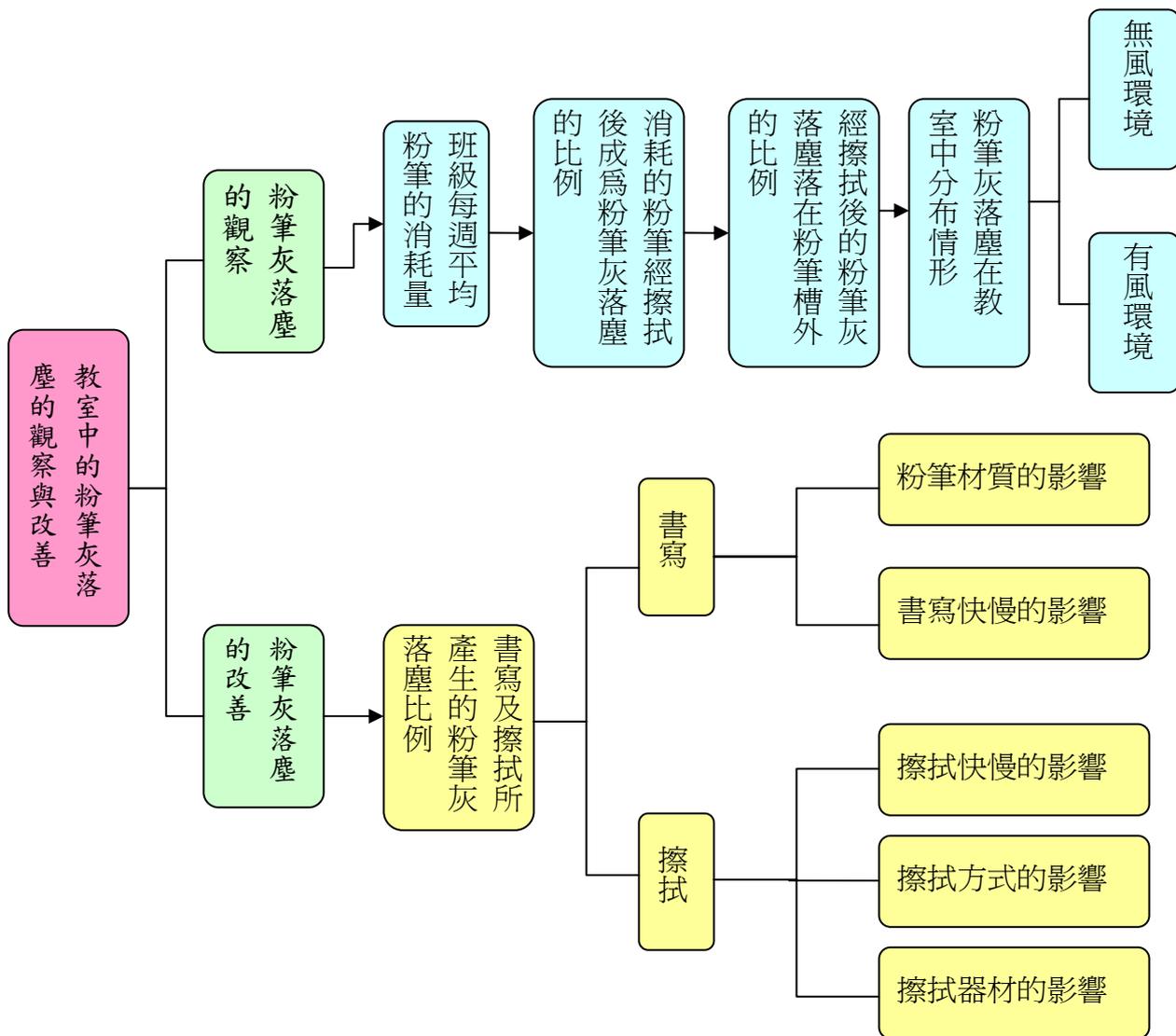
## 一、研究動機

學校老師上課不可或缺的重要工具就是粉筆和板擦，然而每當輪到我們當值日生幫忙擦黑板時，總覺得散開來的粉筆灰很多。而且上課時坐在前排的同學都會吸到一些粉筆灰，感覺上不太舒服。因此我們想了解一個班級每週上課製造了多少的粉筆灰及粉筆灰落塵在教室中分佈的情形，並且希望進一步找出能夠減少粉筆灰落塵的方法。我們剛好在自然課有提到落塵量是檢測空氣污染的指標之一，也學到一些觀察空氣中落塵的方法。老師鼓勵我們不妨針對這個問題作進一步的研究，因此，我們幾個決定探討教室中粉筆灰落塵的奧秘。

## 二、研究目的

1. 測量一個班級每週平均粉筆的消耗量到底有多少?
2. 消耗的粉筆，經擦拭後有多少成爲粉筆灰落塵?
3. 經擦拭後的粉筆灰落塵有多少比例落在粉筆槽外?
4. 無風和有風情況下，粉筆灰落塵在教室中分布的差異?
5. 粉筆書寫及擦拭所產生的粉筆灰落塵量比較
6. 粉筆材質與粉筆灰落塵量的關係
7. 書寫快慢與製造粉筆灰落塵量的關係
8. 擦黑板快慢與製造粉筆灰落塵量的關係
9. 不同的擦拭方式與產生粉筆灰落塵量的關係
10. 不同的擦拭器材與產生粉筆灰落塵量多寡的關係

### 三、研究架構



## 四、實驗器材

項目名稱	規格	數量
粉筆	白色及彩色（同品牌）	12盒
環保粉筆	成分：碳酸鈣，白色1盒100枝	白色1盒， 彩色3小盒
黑膠帶	寬約5公分	5捲
大膠膜	寬約31.5公分	5捲
絕緣膠帶	紅色	10捲
瓦楞板	長100公分、寬61公分	10塊
雙面膠	寬25mm	10捲
計時器	可計到0.01秒	1只
直尺	45公分	1把
捲尺	5公尺	1個
板擦	一般規格	15塊
照相機	可近拍	1台
電子秤	10 ± 0.01 g	1台
放大鏡	大鏡面	3枝
奇異筆	黑色	2枝
量杯	1000cc、500cc、100cc	12組
抹布	25cm × 25cm	3塊
吸塵器	NEC 700W	1台

## 五、研究方法、過程與結果

### 5-1 實驗一：測量一個班級每週平均粉筆的消耗量

#### 5-1-1 實驗步驟：

- (1) 隨機抽選校內每個年級二個班施測（共 12 班）。每班給予白粉筆和彩色粉筆各一盒（共 99 枝，事先量過總重）供上課使用。
- (2) 協調受測班級老師三週內全部用實驗所提供的粉筆上課。用剩下的粉筆頭放入我們提供的量杯。



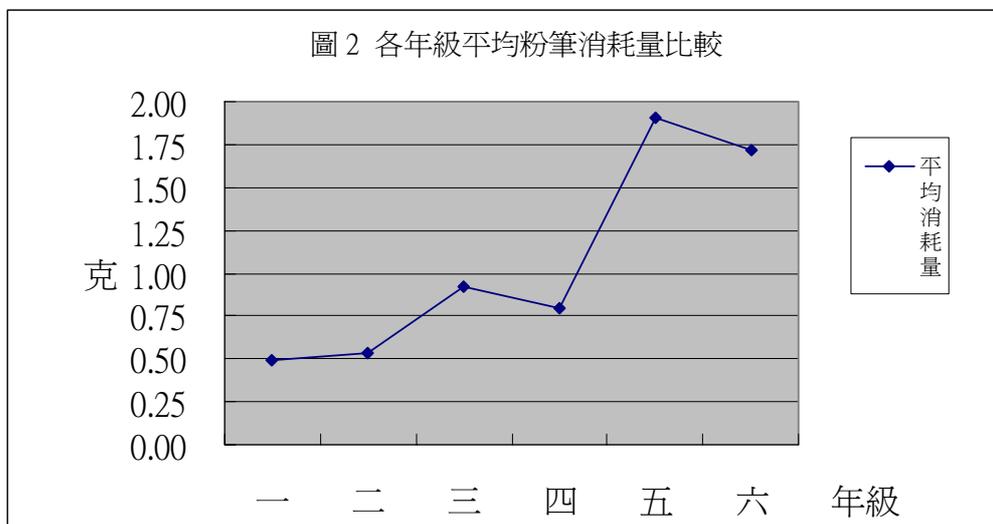
（圖 1）各班剩下的粉筆頭

- (3) 三週後收回各班量杯及剩下使用過、未用的粉筆。
- (4) 測量各年級各班三週內平均粉筆消耗量，並紀錄下來。

### 5-1-2 實驗結果

單位：g

年級	班級	原粉筆重	剩下的粉筆頭	未用粉筆	消耗量	平均每週用量	節/週	每節用量
一	A	586.34	106.46	444.19	35.69	11.9		0.52
	B	586.34	50.86	503.42	32.06	10.69	23	0.46
	平均	586.34	78.66	473.81	33.88	11.29		0.49
二	A	586.34	34.95	520.96	30.43	10.14電化		0.44
	B	586.34	62.83	479.52	43.99	14.66	23	0.64
	平均	586.34	48.89	500.24	37.21	12.4		0.54
三	A	586.34	89.68	426.24	70.42	23.47		0.81
	B	586.34	81.8	414.4	90.14	30.05	29	1.04
	平均	586.34	85.74	420.32	80.28	26.76		0.92
四	A	586.34	64.03	473.32	48.99	16.33電化		0.56
	B	586.34	78.97	444.06	63.31	21.1	29	0.73
	平均	586.34	71.5	458.69	56.15	18.72		0.65
五	A	586.34	130.55	307.64	148.15	49.38		1.54
	B	586.34	72.7	296.18	217.46	72.49	32	2.27
	平均	586.34	101.63	301.91	182.81	60.94		1.9
六	A	586.34	86.7	254.56	245.08	81.69		2.55
	B	586.34	93.48	408.48	84.38	28.13電化	32	0.88
	平均	586.34	90.09	331.52	164.73	54.91		1.72
總平均		586.34	79.42	414.41	92.51	30.84		1.04



### 5-1-3 實驗發現

- (1) 各班粉筆消耗量跟教師的教學風格有關，常使用電化教學的班級粉筆消耗量會較少。
- (2) 粉筆消耗量在排除每週節數差異因素後發現：**高年級 > 中年級 > 低年級**。
- (3) 老師並非每堂課都會用到粉筆。一個班級每週平均粉筆的消耗量約 **30.84 g**

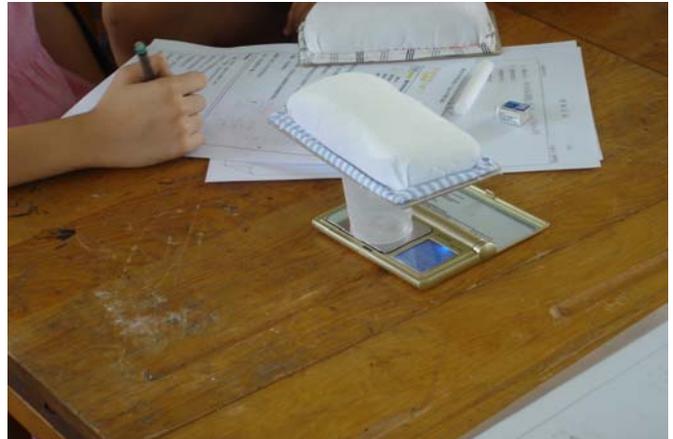
## 5-2 實驗二：消耗的粉筆，經擦拭後有多少成爲粉筆灰落塵？

### 5-2-1 實驗步驟：

- (1) 將 5 枝粉筆測量其總重，並求其平均一枝的質量。( 凡使用電子秤測量前須先歸零 )
- (2) 取 3 個新板擦測量其個別質量，並做記錄。
- (3) 用一枝全新的粉筆在黑板上塗寫完 ( 盡量不重疊 )。
- (4) 用一個新板擦以每秒一次上下來回的正常速率將黑板擦乾淨，測量板擦加上面粉筆灰的質量，並做記錄。
- (5) 重複 (3)、(4) 步驟二次，並做記錄。
- (6) 算出書寫及擦拭過程中粉筆落塵量 ( 板擦淨重 + 粉筆重 - 擦拭後板擦重 ) 及比例。



(圖 3) 擦拭黑板過程



(圖 4) 測量擦拭過的板擦

### 5-2-2 實驗結果：

單位：g

板擦	淨重	1枝粉筆重	擦拭後板擦重	落塵量	平均	百分率
1	97.49	5.92	99.36	4.05		
2	113.27	5.92	114.68	4.51	4.17	70.50%
3	105.35	5.92	107.31	3.96		

### 5-2-3 實驗發現：

一根粉筆在黑板上經過書寫和板擦擦拭後，約有 29.5% 被板擦帶走，70.5% 成爲教室中的落塵。

## 5-3 實驗三：經擦拭後的粉筆灰落塵有多少比例落在粉筆槽外？

### 5-3-1 實驗步驟：

- (1) 先測整捲膠帶重，再將粉筆槽上面反貼滿膠帶，紀錄用掉膠帶長度和用量，測剩餘膠帶捲重，求出用掉膠帶淨重。
- (2) 用 3 枝全新的粉筆在黑板上塗寫完 ( 盡量不重疊 )。用 3 個新板擦以每秒一次上下來

回的正常速率將黑板擦乾淨，撕下粉筆槽上的膠帶測量其質量，並做記錄。

- (3) 清理粉筆槽，反貼同長度和用量的膠帶，再重複(1)、(2)步驟二次。援用上個實驗結果算出粉筆灰落在**粉筆槽內**和**粉筆槽外**的比例：

$$\text{粉筆槽內 } P\% = (\text{含粉筆灰落塵的膠帶重} - \text{膠帶淨重}) \div \text{粉筆灰落塵總量 (3 枝)} \times 100\%$$

$$\text{粉筆槽外} = 1 - P\%$$



(圖 5) 黏貼採樣膠帶



(圖 6) 將粉筆畫在黑板上



(圖 7) 將黑板上粉筆灰擦掉



(圖 8) 測量膠帶和粉筆灰的質量

### 5-3-2 實驗結果：

單位：g

次數	含粉筆灰的膠帶重	膠帶淨重	粉筆灰在粉筆槽內量	粉筆灰落塵總量	落塵在粉筆槽內比例%	落塵在粉筆槽外比例%
1	28.43	21.94	6.49	12.51	51.88	48.12
2	29.09	21.9	7.19	12.51	57.47	42.53
3	28.87	21.91	6.96	12.51	55.64	44.36
<b>平均</b>	<b>28.8</b>	<b>21.92</b>	<b>6.88</b>	<b>12.51</b>	<b>55</b>	<b>45</b>

註：引用上個實驗之粉筆灰落塵平均量之3倍作為粉筆灰落塵總量

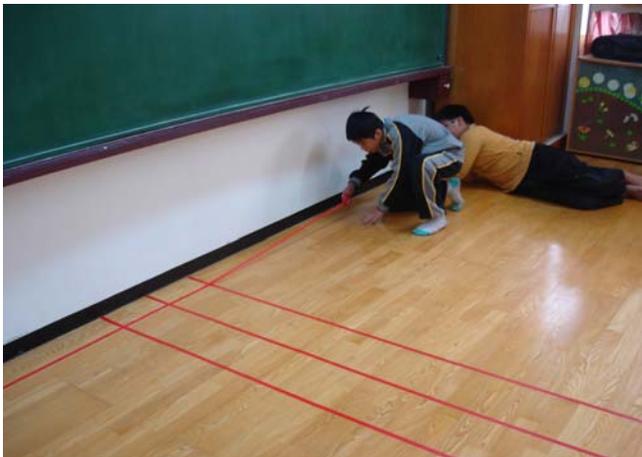
### 5-3-3 實驗發現

粉筆落塵平均約 55% 掉落在粉筆槽中，約 45% 散落粉筆槽外。

## 5-4 實驗四：無風和有風情況下，粉筆灰落塵在教室中分布的差異

### 5-4-1 實驗步驟：

- (1) 採用**棋盤式座標**採樣方式，在教室地板上**縱向（編號 1~18）**和**橫向（編號 A~AB）**每隔 25 cm 粘一條細膠帶。
- (2) 在每一個膠帶的交會點處黏一小塊雙面膠，上面再貼上 4.7×5.3 cm 黏面朝上的**採樣黑膠布**。（共 452 個點）
- (3) 對照組（**無風**）的實驗用 3 支白色粉筆均勻將黑板塗滿，在無風密閉情況下，用 3 個新板擦將黑板擦乾淨。
- (4) 在教室地板前、中、後各選 3 個黑膠布片，由於粉筆灰的落塵非常輕，無法用電子秤秤出採樣膠布的質量變化，因此我們用**目視點算**的方式。以**粉筆落塵直徑佔膠布條紋間隔（0.58 mm）的一半（0.29 mm）**以上做為**顆粒篩選之標準**，以此標準統一由同一位同學觀測算出全部黑色膠布上粉筆灰塵顆粒數，其他同學負責給予協助和校正。粉筆灰塵顆粒數太多之黑膠布，在上面套上**透明方格板（1 cm×1 cm）**，以中央格內之顆粒數**乘以 25** 概算出膠布上粉筆灰塵顆粒數。
- (5) 將每個交點觀測結果記錄下來，清理教室落塵。
- (6) 重複（2）~（5）步驟二次，求每個交點落塵的**平均值**。
- (7) 接著進行實驗組（**有風**）的實驗，將教室的窗戶和風扇打開，重複（2）~（5）步驟三次，求每個交點落塵的**平均值**（在點算黑色膠布上粉筆灰塵顆粒數時，必須關掉風扇，密閉教室）。



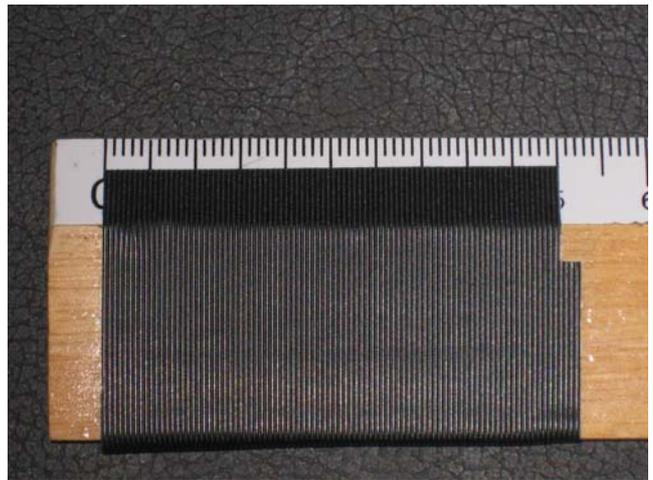
（圖 9）黏貼採樣定位座標線



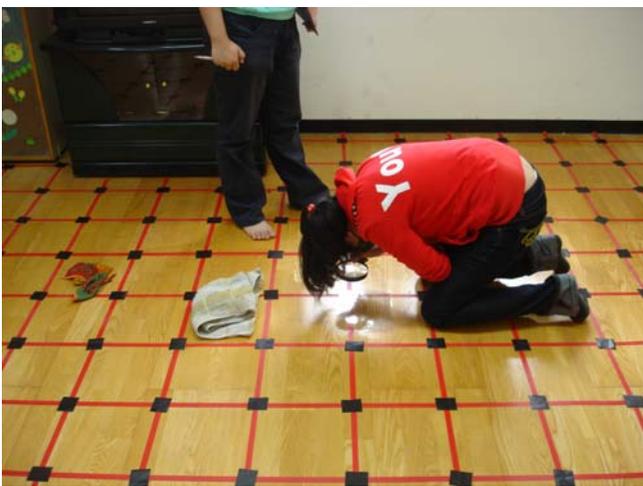
（圖 10）在交會點黏貼採樣膠帶



(圖 11) 將粉筆塗滿黑板



(圖 12) 採樣膠帶條紋間隔 (0.58 mm)



(圖 13) 點數採樣膠帶上的粉筆灰塵顆粒數



(圖 14) 採樣膠帶上的粉筆灰落塵顆粒



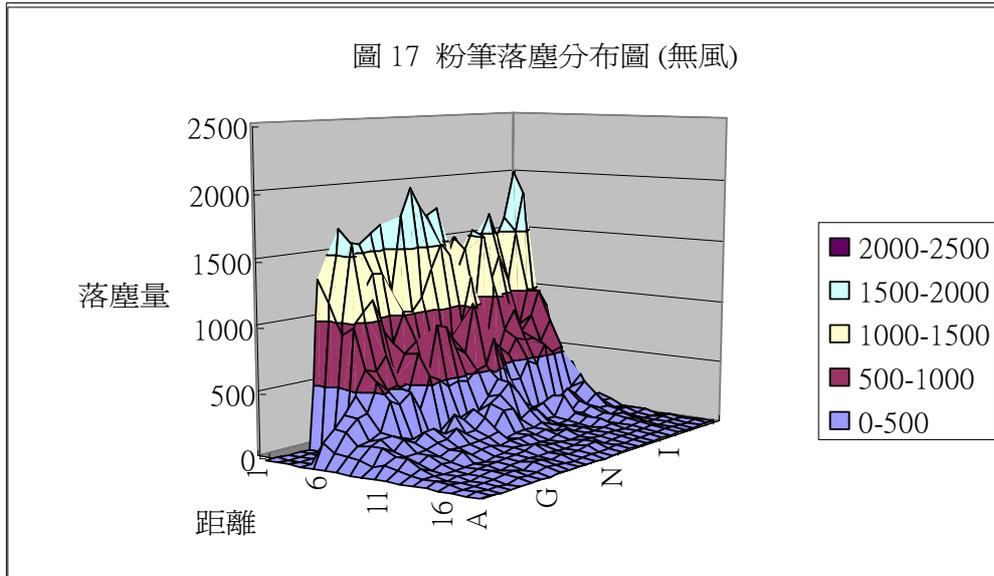
(圖 15) 在有風的環境下進行實驗



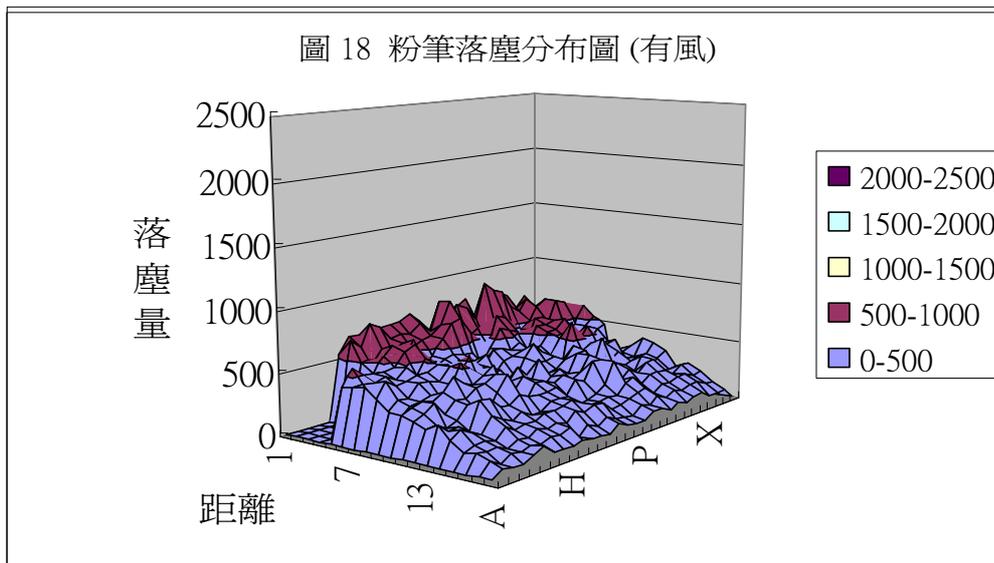
(圖 16) 紀錄各交點落塵量

#### 5-4-2 實驗結果：

(1) **無風**情況的粉筆灰落塵量分布記錄，如附件第 3-7 頁



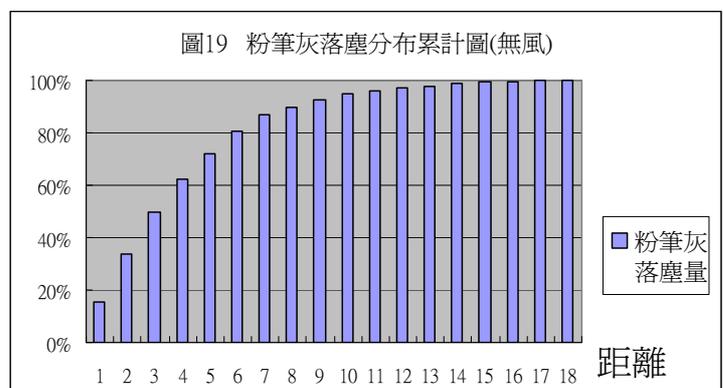
(2) **有風**情況的粉筆灰落塵量分布記錄，如附件第 8-12 頁



### 5-4-3 實驗發現

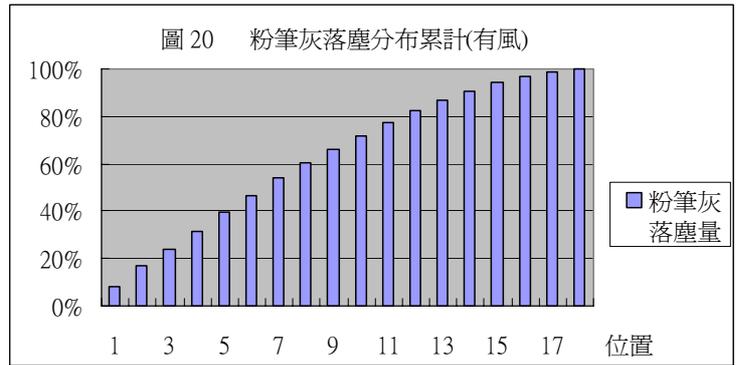
(1) 經實驗後發現對照組 (**無風**)

的粉筆落塵量在離黑板 **1.25** 公尺內超過 **80%**，離黑板 **2.25** 公尺內約佔 **95%**。(如圖 19)



(2) 經實驗後發現**實驗組（有風）**

大部分的落塵在離黑板 2.5 公尺內接近 80%，離黑板 3.5 公尺內接近 95%。（如圖 20）



(3) 無風的環境粉筆灰落塵大多

集中在講台範圍內。有風的環境將粉筆灰落塵散播的更遠更均勻。

## 5-5 實驗五：粉筆書寫及擦拭所產生的粉筆灰落塵量比較

### 5-5-1 實驗步驟:

- (1) 先測整捲膠帶重，再把光面黑膠帶反貼在瓦楞板上，共貼滿 6 張瓦楞板，每張板子上的膠帶條數和長度一樣，測剩餘膠帶捲重，求出每張板子用掉膠帶淨重 (31.84g)。
- (2) 將板子膠面朝上長邊靠在粉筆槽上，在板子上方黑板 80 公分寬的範圍內將一枝白色粉筆等速寫完。收集落在板子上的落塵，將膠帶撕下包覆後秤其質量，並將數據加以記錄。
- (3) 清理粉筆槽，更換新的瓦楞板，如步驟 (2) 放置，用乾淨的板擦以每秒 1 次來回的方式將黑板上的粉筆灰擦乾淨，收集落在板子上的落塵，將膠帶撕下包覆後秤其質量，並將數據加以記錄。
- (4) 再重複實驗步驟 (2)、(3) 二次。求粉筆書寫及擦拭兩種情況下的平均落塵量及所佔的比例。**(含粉筆灰落塵的膠帶重－膠帶淨重＝粉筆灰落塵量)**



(圖 21) 書寫落塵實驗



(圖 22) 擦拭落塵實驗

## 5-5-2 實驗結果

〈單位：克〉

方式	次數	膠帶+粉筆落塵	膠帶淨重	粉筆落塵量	平均	比例
粉筆書寫	1	33.76	31.84	1.92	1.95	75.50%
	2	33.92	31.84	2.08		
	3	33.68	31.84	1.84		
板擦擦拭	1	32.52	31.84	0.68	0.63	24.50%
	2	32.4	31.84	0.56		
	3	32.49	31.84	0.65		

## 5-5-3 實驗發現：

- (1) 粉筆灰落塵近四分之三來自粉筆書寫的過程，近四分之一來自擦拭的過程。

## 5-6 實驗六：粉筆材質與粉筆灰落塵量的關係

### 5-6-1 實驗步驟：

- (1) 跟上個實驗一樣先將雙面膠貼在塑膠瓦楞板上，再把光面黑膠帶反貼上去。共貼滿 3 張瓦楞板。
- (2) 將板子膠面朝上長邊靠在粉筆槽上，在板子上方黑板 80 公分寬的範圍內將一枝橘色環保粉筆寫完。用乾淨的板擦以每秒 1 次來回的方式將黑板上的粉筆灰擦乾淨，收集落在板子上的落塵，將膠帶撕下包覆後秤其質量。膠帶實驗後重減去膠帶原重等於粉筆落塵量，將數據加以記錄。
- (3) 再重複實驗步驟(2)二次。將上一個實驗一般粉筆之總落塵量和本實驗結果做比較。



(圖 23) 環保粉筆落塵實驗



(圖 24) 將膠帶撕下稱量落塵量

## 5-6-2 實驗結果:

單位：g

粉筆材質	粉筆重	次數	落塵量	平均	百分比
H牌一般粉筆	5.92	1	2.6	2.58	43.50%
		2	2.64		
		3	2.49		
L牌環保粉筆	9.49	1	4.01	3.95	41.60%
		2	3.94		
		3	3.92		

## 5-6-3 實驗發現:

雖然一枝環保粉筆的落塵比一般粉筆多，但是環保粉筆本來就比一般粉筆重，因此比較每公克粉筆在書寫和擦拭過程中所產生的落塵比率。實驗結果發現環保粉筆的落塵比率比一般粉筆略少。

## 5-7 實驗七：書寫快慢與製造粉筆灰落塵量的關係

### 5-7-1 實驗步驟:

- (1) 用紅色膠帶將黑板隔出三個寬 50 公分的長方形區域，以便在固定範圍內實驗。
- (2) 先將雙面膠貼在塑膠瓦楞板上，再把膠膜反貼上去。共貼滿 11 張瓦楞板，每張板子上的膠膜張數和長度一樣。
- (3) 先取其中二張瓦楞板撕下所有膠膜，秤其質量，求其質量的平均並做記錄，做為未沾粉筆落塵前的膠膜淨重【 $(47.46 + 47.34) \div 2 = 47.4$  克】
- (4) 將板子膠面朝上長邊靠在粉筆槽上，在板子上方黑板 50 公分寬的範圍內同一人將一枝白色粉筆以每秒劃 50 cm 方式等速同方向劃記（盡量不重疊），用完接近半枝粉筆後測量剩下的粉筆重。收集落在板子上的落塵，將膠膜撕下包覆後秤其質量（膠膜實驗後重－膠膜原重＝粉筆落塵量），並將數據加以記錄。
- (5) 清理粉筆槽，以步驟（4）方式再做 2 次。
- (6) 清理粉筆槽，以步驟（4）方式，將一枝白色粉筆以每 2 秒劃 50 cm 方式等速劃完一半長度，將數據加以記錄，並將此實驗再做 2 次。
- (7) 清理粉筆槽，以步驟（4）方式，將一枝白色粉筆以每 0.5 秒劃 50 cm 方式等速劃完一半長度，將數據加以記錄，並將此實驗再做 2 次。
- (8) 粉筆灰落塵比率% = (粉筆灰落塵量 ÷ 用掉的粉筆重) × 100%



(圖 25) 以不同書寫速率進行實驗



(圖 26) 包覆不同書寫速率落塵量的膠膜

### 5-7-2 實驗結果:

單位: g

書寫快慢	次數	落塵量	剩粉筆重(g)	用去粉筆重	落塵比率%	平均%
0.5秒	1	1.02	3.63	2.29	44.5	44.2
	2	1.06	3.59	2.33	45.5	
	3	0.97	3.65	2.27	42.7	
1秒	1	0.93	3.66	2.26	41.1	39.3
	2	0.86	3.61	2.31	37.2	
	3	0.89	3.68	2.24	39.7	
2秒	1	0.28	4.11	1.81	15.5	16
	2	0.37	3.6	2.32	15.9	
	3	0.34	3.86	2.06	16.5	

### 5-7-3 實驗發現:

- (1) 書寫速率越**快**落塵比率越高，書寫速率越**慢**落塵比率越低。速率在**每秒 25 cm以下**時落塵率顯著**減少**。
- (2) 0.5 秒和 1 秒落塵比率差異較少。此外經實驗發現粉筆落塵擴散範圍 **0.5 秒 > 1 秒 > 2 秒**。

## 5-8 實驗八：擦黑板快慢與製造粉筆灰落塵量的關係

### 5-8-1 實驗步驟:

- (1) 先將雙面膠貼在塑膠瓦楞板上，再把膠膜反貼上去。共貼滿 9 張瓦楞板，每張板子上的膠膜張數和長度一樣。
- (2) 先將一枝白色粉筆在黑板 50 公分寬的範圍內寫完，用吸塵器清理完粉筆槽及地面後，將板子膠面朝上長邊靠在粉筆槽上，在板子上方黑板 50 公分寬的範圍內用乾

淨的板擦以每秒 50 cm 方式等速同方向擦拭，收集落在板子上的落塵，將膠膜撕下  
 包覆後秤其質量，並將數據加以記錄。

- (3) 清理粉筆槽，以步驟（2）方式再做 2 次。
- (4) 清理粉筆槽，以步驟（2）方式，用乾淨的板擦以每 2 秒 50 cm 方式等速同方向擦拭，  
 將數據加以記錄，並以此方式再做 2 次。
- (5) 清理粉筆槽，以步驟（4）方式，用乾淨的板擦以每 0.5 秒 50 cm 方式等速同方向擦  
 拭，將數據加以記錄，並以此方式再做 2 次。
- (6) 粉筆灰落塵量百分率 = 粉筆灰落塵量 ÷ 一枝粉筆重（以平均每枝 5.92 克計）× 100%



（圖 27）以不同擦拭週期進行實驗



（圖 28）包覆不同擦拭週期落塵量的膠膜

### 5-8-2 實驗結果:

擦拭週期	實驗次數	落塵量(g)	落塵量%	平均落塵量	平均%
0.5秒/次	1	1.26	21.3	1.24	21
	2	1.16	19.6		
	3	1.3	22		
1秒/次	1	0.96	16.2	0.91	15.4
	2	0.86	14.5		
	3	0.92	15.5		
2秒/次	1	0.88	14.9	0.88	14.9
	2	0.9	15.2		
	3	0.85	14.4		

### 5-8-3 實驗發現:

- (1) 擦拭週期越短落粉塵量越多，週期越長落塵量越少。
- (2) 擦拭週期 2 秒和 1 秒落塵量差異較少。此外經實驗發現擦拭粉筆落塵擴散範圍 **0.5 秒 > 1 秒 > 2 秒**。

## 5-9 實驗九：不同的擦拭方式與製造粉筆灰落塵量的關係

### 5-9-1 實驗步驟:

(1) 用紅色膠帶將黑板隔出三個寬 75 公分的長方形區域，以便在固定範圍內實驗。

(2) 同上個實驗準備貼滿膠膜的瓦楞板 12 張。

(3) 先將一枝白色粉筆在黑板 75 公分寬的範圍內寫完，用吸塵器清理完粉筆槽及地面後，將板子膠面朝上長邊靠



(圖 29) 向上擦拭

在粉筆槽上，在板子上方黑板 75 公分寬的範圍內用乾淨的板擦以每秒 1 次等速**往下**同方向擦拭，收集落在板子上的落塵，將膠膜撕下包覆後秤其質量，並將數據加以記錄。

(4) 清理粉筆槽，以步驟 (3) 方式同實驗再做 2 次。

(5) 清理粉筆槽，依照步驟 (3) 方式，用乾淨的板擦以同速**往上**同方向、**上下**方向和**左右**方向三種擦拭方式，每一種實驗各做 3 次，並將數據加以記錄。



(圖 30) 向下擦拭

(6) 粉筆灰落塵量百分比算法同上個實驗。

### 5-9-2 實驗結果:

擦拭方式	次數	落塵量(g)	落塵量%	平均落塵量(g)	平均落塵量%
往上	1	1.04	17.6	1.01	17.1
	2	1.01	17.1		
	3	0.97	16.4		
往下	1	2.07	35	2.04	34.4
	2	1.8	30.4		
	3	2.24	37.8		
上下	1	1.26	21.3	1.52	25.6
	2	1.55	26.2		
	3	1.74	29.4		
左右	1	0.84	14.2	0.82	13.8
	2	0.66	11.1		
	3	0.95	16		

### 5-9-3 實驗發現:

- (1) 不同擦拭方式所造成的落塵量：**向下擦拭**>**上下擦拭**>**向上擦拭**>**左右擦拭**。
- (2) 左右擦拭落塵量最少，但橫向擴散面積較大。

## 5-10 實驗十：不同的擦拭器材與產生粉筆灰落塵量多寡的關係

### 5-10-1 實驗步驟:

- (1) 同上個實驗準備貼滿膠膜的瓦楞板 9 張。
- (2) 先將一枝白色粉筆在黑板紅色膠帶所圍 75 公分寬的範圍內寫完，用吸塵器清理完粉筆槽及地面後，將板子膠面朝上長邊靠在粉筆槽上，在板子上方黑板 75 公分寬的範圍內用「**除塵布板擦**」以每秒 1 次等速向左擦拭，將黑板上的粉筆灰擦完，收集落在板子上的落塵，將膠膜撕下包覆後秤其質量，並將數據加以記錄。**(膠膜實驗後重－膠膜原重＝粉筆落塵量)**
- (3) 清理粉筆槽，以步驟(2)方式再做 2 次。
- (4) 清理粉筆槽，依照步驟(2)方式，用「**濕抹布**」以每秒 1 次同向等速擦拭黑板，同實驗各做 3 次，記錄所得數據。
- (5) 清理粉筆槽，依照步驟(2)方式，用「**L 形板擦**」以每秒 1 次向左等速擦拭黑板，同實驗各做 3 次，記錄數據。
- (6) 計算粉筆灰落塵量百分比，並將本實驗結果與前項實驗**左右擦拭**之結果加以比較。



(圖 31) 除塵布板擦擦拭



(圖 32) 抹布擦拭



(圖 33) L 形板擦



(圖 34) L 形板擦擦拭

### 5-10-2 實驗結果:

擦拭器材	次數	落塵量g	落塵量%	平均落塵量g	平均落塵比率%
一般板擦	1	0.94	15.9	0.97	16.4
	2	1.02	17.2		
	3	0.95	16		
除塵布板擦	1	0.8	13.5	0.81	13.7
	2	0.85	14.4		
	3	0.78	13.2		
濕抹布	1	0.22	3.7	0.19	3.2
	2	0.16	2.7		
	3	0.19	3.2		
L形板擦	1	0.82	13.9	0.79	13.3
	2	0.79	13.3		
	3	0.75	12.7		

### 5-10-3 實驗發現:

- (1) 不同擦拭器材所造成的落塵量：**一般板擦** > **除塵布板擦** > **L 形板擦** > **濕抹布**。
- (2) 濕抹布擦拭雖然造成的落塵量最少，但是黑板要等乾了才能再使用，較不符使用效率，且抹布若不乾淨，黑板乾了還是會有粉筆灰的痕跡。

## 六、討論

- (一) 由研究中的調查發現各班粉筆使用量雖跟教師的教學風格有關，但整體而言，各年級的粉筆消耗量在排除每週節數差異因素後，有隨著年級增高而增加的趨勢。而用量越多所產生的粉筆灰落塵就越多。因此若能在經費許可下提供老師電子白板及相關教學軟體，應可大量減少粉筆灰落塵的污染。
- (二) 從實驗二發現粉筆經過書寫和板擦擦拭過程，約 **70.5%** 成爲教室中的落塵，進一步實驗發現這些粉筆落塵約有 **45%** 掉落在粉筆槽外散落教室中。若能將粉筆槽做成帶狀抽風機的型式，可能會有效減少粉筆灰落塵。
- (三) 無風的環境粉筆灰落塵大多集中在講台範圍內 (**1.25m**)。在有風的環境中，風將粉筆灰落塵吹得更遠更均勻。不過座位在距離黑板 **2.5m** 外受到的影響會較少，若安排在 **3.5m** 外會更好。
- (四) 實驗發現粉筆灰落塵近四分之三來自粉筆書寫的過程，近四分之一來自擦拭的過程。經進一步改變粉筆材質和書寫的方式，我們發現環保粉筆的落塵量只比一般粉筆略少，而粉筆書寫速率越快，粉筆灰落塵比率越高。這可能跟粉筆與黑板的摩擦速率快，而導致粉筆結構的快速剝落有關，因此建議老師書寫的速率不要太快，以免粉筆灰落塵量太多。此外我們也推測粉筆跟黑板的摩擦力大小與粉筆灰落塵量有關。
- (五) 我們的實驗發現黑板擦得越快產生的粉筆灰落塵量越多，而且散佈的範圍越廣。可見黑板擦得越快粉筆灰越不容易附著在板擦上。我們進一步實驗探究相同擦拭速率下不同擦拭方式所造成的落塵量。發現向下擦拭的落塵量最多，左右擦拭的落塵量最少。因此建議擦黑板的週期最好 **1 秒** 以上，不要太快，以左右來回擦的方式較能減少落塵。
- (六) 不同的擦拭器材也會影響粉筆灰落塵量，經實驗發現用一般板擦擦拭的落塵量大於除塵布板擦和L形板擦，而用濕抹布擦的落塵量最少。除塵布板擦和L形板擦的使用效果差不多，只比一般板擦略好，但是除塵布較貴，並不經濟環保。而自行設計的L形板擦雖可隨時更換板擦，但特殊的擦拭手勢必須習慣。而濕抹布的缺點是黑板要等乾了才能再使用。爲了提高使用效率，建議用多張濕抹布擦過後再馬上用乾抹布擦乾效果較好。
- (七) 散落教室的粉筆灰落塵，建議先用吸塵器清理，再用拖把拖乾淨。此外若能在教室安裝空氣清淨機以過濾空氣中的粉筆灰落塵，相信上課時空氣的品質會獲得更多改善。

## 七、結論

老師和學生生活在充滿粉筆灰落塵的課堂中，學習可能不再是一件令人快樂的事。然而，粉筆和板擦是老師們上課時的重要工具，在無法完全不用它們的情況下，我們試圖找出減少粉筆落塵量的有效方法。從實驗中我們發現，教室粉筆的用量有隨著年級增高而增加的趨勢，用量越多所產生的粉筆灰落塵就越多，因此建議老師多使用電化教學以減少粉筆的消耗量。

我們實驗發現粉筆大約有 70% 會形成粉筆灰落塵。教室中的落塵約 55% 掉落在粉筆槽內，其餘散落粉筆槽外。落塵在有風的環境比無風環境散播得更遠更均勻。因此座位若安排在距離黑板 2.5m 外受到的影響會較少。此外我們也發現粉筆灰落塵近四分之三來自粉筆書寫的過程，其餘來自擦拭的過程。若能改用環保粉筆並將書寫速率降低到每秒 50 cm 以下，可有效減少書寫的落塵量。而放慢擦拭速率，並用濕抹布擦過再用乾抹布擦乾較能有效降低擦拭過程所產生的落塵。

有效的減少課堂中的粉筆灰落塵，還給師生一個清新健康的學習環境，是我們最大的心願。因此，希望我們的小小研究成果，能夠提醒大家關心粉筆灰落塵的問題，帶動相關的研究風氣，讓小朋友們不再受粉筆灰之苦，永保美好的學習環境。

## 八、參考資料

- (1) 科學真有趣 4—觀察和測量，錦繡文化。
- (2) 六年級下學期康軒版自然----- (三) 生物與環境。
- (3) 吳奕賢、張凱堂。粉筆的致病與治病。台南二中學生研究報告精選集。
- (4) 國立科學教育館：<http://www.ntsec.gov.tw/>
- (5) 第四十六屆全國中小學科學展覽會優秀作品集。
- (6) 第四十七屆全國中小學科學展覽會優秀作品集。
- (7) Yahoo 奇摩知識網----關於粉筆和粉筆灰。

【評語】 080818

本作品發現國小教室粉筆的使用量隨著年級增高而增加，因此粉筆灰落塵的問題就愈嚴重，因此參與實驗的小朋友設計一系列試驗，測量粉筆的平均消耗量、產生粉筆灰落塵的比例、落塵在教室中的分布、擦拭方式的比較、粉筆材質之影響比較等，實驗數據完整，結果與數據也具實用參考價值，特別是座位在距黑板 2.5m 以外受到的影響已較少了，而粉筆灰落塵有 3/4 是來自書寫的過程，僅 1/4 才是來自擦拭的過程，這是與傳統的想法最大不同之處，故評予佳作獎。