

中華民國 第 50 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

第二名

080815

無「音」腳—找出減小椅腳噪音之最佳包覆材質

學校名稱：臺北縣土城市安和國民小學

作者： 小六 陳奕宇 小六 林新翰 小六 惠郁嘉 小六 倪瑄 小六 林承儒	指導老師： 張美玲
--	------------------

關鍵詞：噪音的大小（分貝數）、包覆材質、摩擦

無「音」腳-找出減小椅腳噪音之最佳包覆材質

摘 要

本研究探討如何找出減小教室椅腳噪音的最佳包覆材質。我們利用分貝器實際運用在班級中，在不同時間測量拉動椅腳音量變化繪成圖表，從圖表數據探討會影響椅腳產生噪音的因素。我們使用四類 14 種不同材質包覆椅腳後，發現對於拉動椅腳所產生的噪音分貝大約可減小 70%。此外更發現，拉動椅腳產生的噪音和椅腳離地面的角度，以及包覆物的材質厚度均有關。

關鍵詞：噪音的大小（分貝數）、包覆材質、摩擦

壹、研究動機

每當上下課時，總覺得教室裡常因同學們拉動椅腳所發生的聲音過大而感覺不太舒服。因此，我們想實際了解教室中拉動椅腳會製造多少噪音，自然課剛好上到噪音污染問題，五下也學過聲音產生的原理和觀察聲音振動的方法；希望藉此能找出減小並改善拉動椅腳所發生噪音的方法。老師鼓勵我們不妨針對這個問題作進一步的研究，因此我們開始探討包覆材料和椅腳噪音之間的關係，試圖找出環保又省錢的減小椅腳噪音之最佳包覆材質來。

貳、研究目的

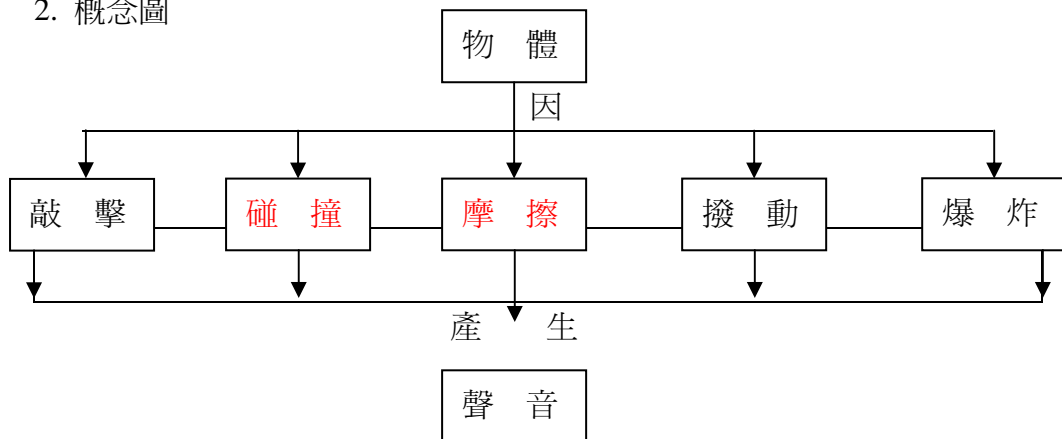
1. 測量一個班級椅腳未包覆物品時所產生的噪音分貝數
2. 不同的包覆材質與產生的噪音大小之相關性
3. 不同的包覆物接觸地面摩擦係數與噪音大小的相關性
4. 包覆材質的厚度與產生的噪音大小之相關性
5. 拉動椅子角度的不同對於產生的噪音分貝數大小的影響
6. 不同的包覆椅腳方式對於產生的噪音分貝數大小的影響
7. 以不同包覆物當作地面材質對於噪音分貝數大小的影響
8. 符合經濟效益又可減少噪音分貝的包覆椅腳材料

參、文獻探討

一、聲音產生的原理

1. 物體快速振動→引起周圍空氣的振動→產生聲波→經由空氣傳入耳朵→引起鼓膜振動→產生聽覺→我們聽到的聲音

2. 概念圖



二、形成噪音的要素

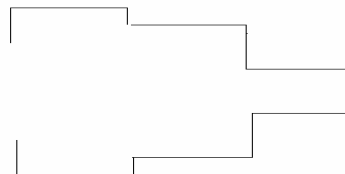
1. 聲波波形呈現規律變化的是樂音；聲波波形呈現不規則變化是噪音。
2. 音量太大（分貝數太高）→聽起來不舒服→是噪音；音調太高（聲音尖銳）→聽起來不舒服→是噪音。

三、減小噪音的原理

由於噪音的來源是因為物體的快速振動而產生，所以要減小噪音就要從這邊下手，例如

- (一) 在椅腳加上適當的彈簧當作緩衝器，減少椅子的振動。
- (二) 製造反向的聲波來和原（噪音）聲波抵銷，以消除噪音。
- (三) 噪音波形

消除噪音的波




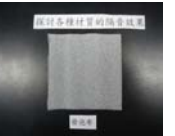



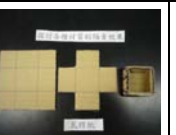

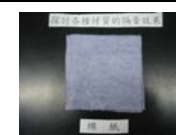

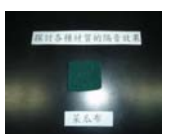
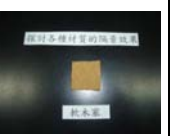



肆、實驗器材

一、使用器材：

分貝計、計時器、計算機、橡皮筋、磅秤、大型量角器、剪刀、椅子、彈簧秤、5公尺捲尺、45公分直尺、小台車、雙面膠、砝碼、跑道板、照相機、電腦

二、包覆椅腳實驗材料：

編號	布料類1	布料類2	布料類3	泡棉類4	泡棉類5
物品	不織布	窗簾布	棉 布	發泡布	氣泡布
照 片					
編號	泡棉類6	泡棉類7	紙類8	紙類9	紙類10
物品	衛生帽	藍色泡棉	瓦楞紙	厚紙板	棉 紙
照 片					
編號	其他類11	其他類12	其他類13	其他類14	共有14種 包覆材料
物品	網 球	菜瓜布	軟木墊	軟性磁鐵	
照 片					

伍、研究過程與方法

5-1 研究一：測量一個班級椅腳未包覆物品時所產生的噪音分貝數

5-1-1 實驗過程：

(一)、決定測量地點和時間

1. 實際了解班級中椅腳未包覆物品時所產生的噪音分貝，評估後選定六班來協助進行連續七天的測試。
2. 決定五個測量時間：早上8點、10點，中午12點及下午1點和3點。五個時間均採間隔 2小時做一次紀錄。
3. 為避免特殊因素導致不客觀的紀錄，以90秒為一個週期，每隔30秒紀錄一次，最後再將所得的三個數據平均當做結果。

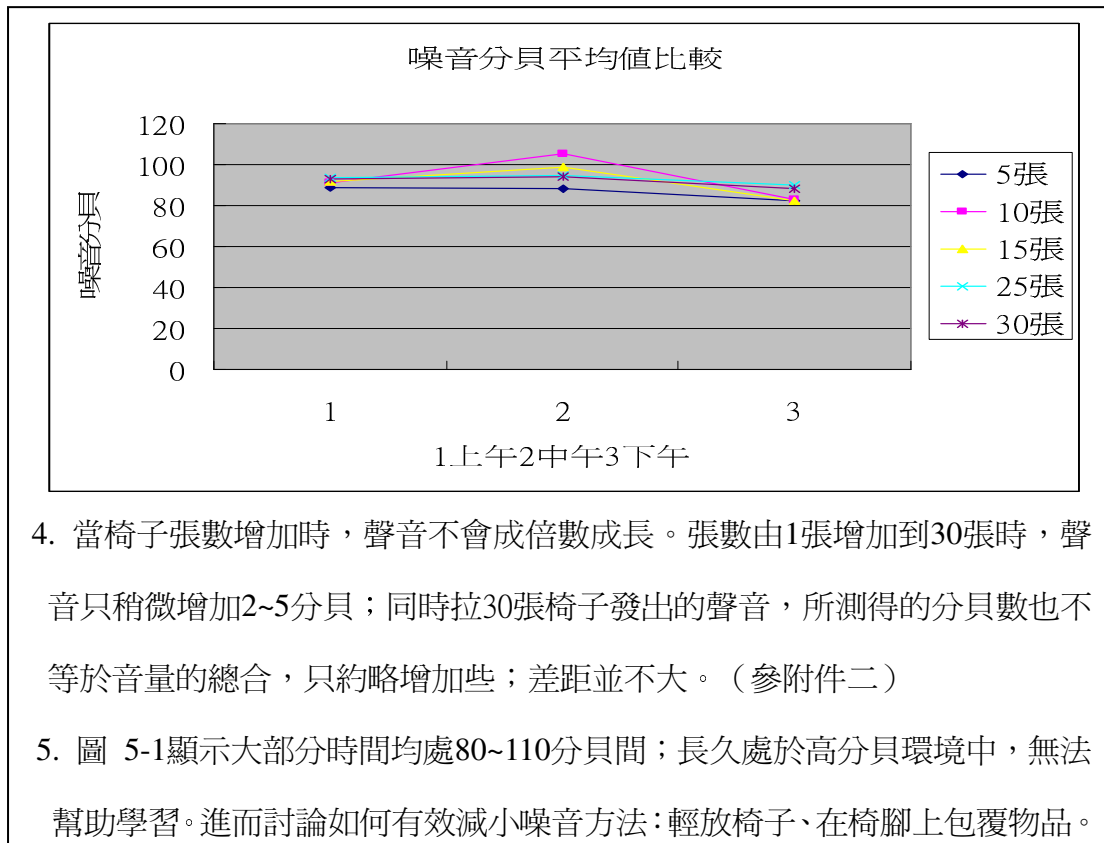
5-1-2 實驗結果：

表 5-1：椅腳沒有包任何物品		單位：分貝 (dB)							
椅張數	時間 噪 音 值	8：	10：	12：	13：	15：	噪音平均值		
		00	00	00	00	00	上 午	中 午	下 午
5 張 椅 子	30 秒	89.1	87.9	93.3	89.1	94.4			
	60 秒	88.8	88.8	82.9	80.1	84.6			
	90 秒	89.6	93.1	88.8	67.2	78.5			
	平均	88.17	89.93	88.33	78.8	85.83	89.05	88.33	82.32
10 張 椅 子	30 秒	89.7	95.9	109	87.5	89.4			
	60 秒	88.1	87.7	103.3	88.9	89.6			
	90 秒	89.8	94.2	103.6	68.4	73			
	平均	89.2	92.6	105.3	81.6	84	90.9	105.3	82.83
15 張 椅 子	30 秒	89.8	87.5	102.5	89.7	89.4			
	60 秒	89.8	89.6	102.9	91.5	89.5			
	90 秒	99.4	93.9	90.3	72.9	61.1			
	平均	93	90.33	98.57	84.7	80	91.67	98.57	82.35
20 張 椅 子	30 秒	84.1	100.2	96.2	96.4	94.4			
	60 秒	100.5	91.4	105.9	79.1	96.8			
	90 秒	94.2	91.7	82.8	82.1	92.9			
	平均	93.03	94.43	94.97	85.9	94.7	93.73	94.97	90.29
25 張 椅 子	30 秒	97.1	96.8	93.3	88.9	94.8			
	60 秒	97.6	93.1	88.7	90.9	89.5			
	90 秒	81	99.8	98.9	85.4	73.4			
	平均	91.9	96.57	93.63	88.4	85.77	94.24	93.63	87.09
30 張 椅 子	30 秒	88.3	95.9	93.5	83.9	94.5			
	60 秒	93	94.1	86.7	98.8	88.4			
	90 秒	98.9	88.7	102.2	88.2	76.2			
	平均	93.4	92.9	94.13	90.3	86.37	93.15	94.13	88.34

5-1-3 實驗發現：

1. 一天中椅腳噪音分貝數的大小跟學校作息時間有關，以中午的噪音較大。
2. 在排除當天因上戶外課因素後，就表 5-1 發現：**中午 > 上午 > 下午**。
3. 班級每週平均分貝介於**80—110**之間，屬於噪音的高危險區。（參附件一）

圖 5-1



5-2 研究二：不同的包覆材質與產生的噪音大小之相關性

5-2-1 實驗過程：

(一)、討論適合包覆椅腳的物品

- 大家提出自己認為可以包覆椅腳的物品，共有布料類（不織布、窗簾布、棉布）、泡棉類（藍色泡棉、發泡布、氣泡布、衛生帽）、紙類（瓦楞紙、厚紙板、棉紙）和其他類（網球切割、軟木墊、軟性磁鐵、菜瓜布）等。再從四類物品中各選出三樣來進行減小椅腳噪音的實驗。

(二)、利用感官來預估包覆椅腳材料隔音效果的優劣

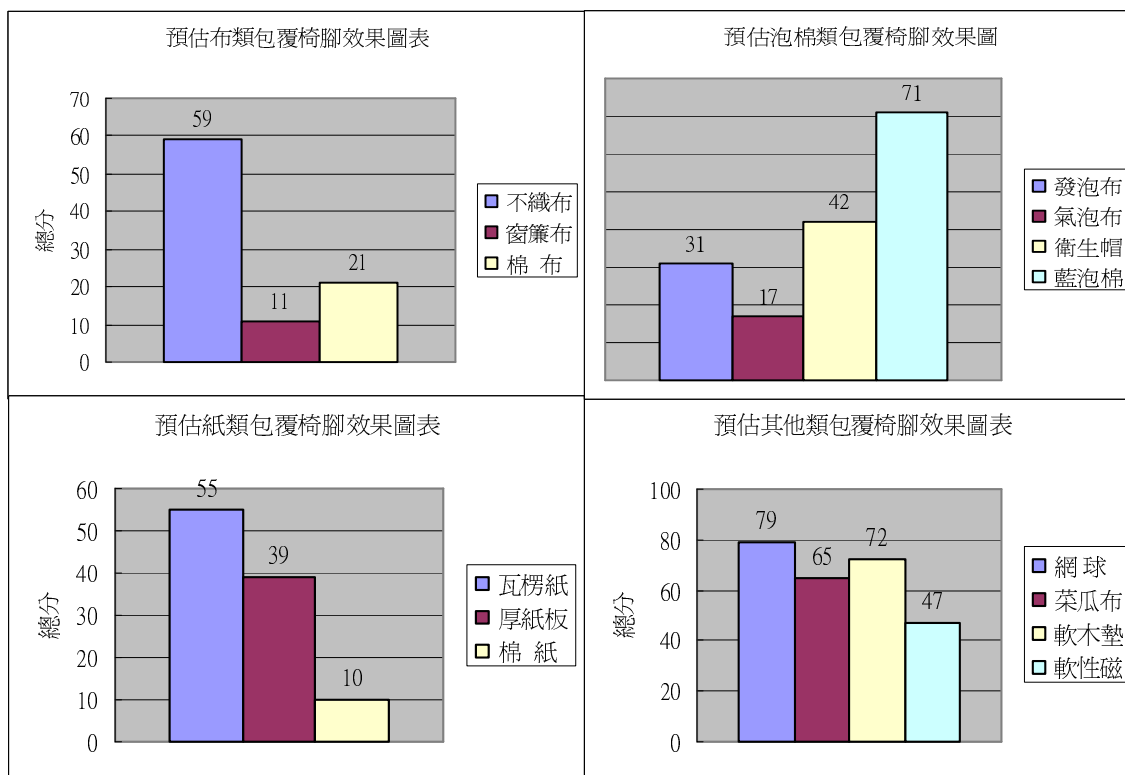
- 大家看到各式各樣的包覆材料時都覺得眼花撩亂。有人提議用五官及觸覺來推測哪種材料的隔音效果最好，對於這個提案大家都躍躍欲試，充當起小柯南來，紛紛提出自己的看法。
- 進行預估：表格如下，預估包覆材料隔音效果的優劣後，給予14分（隔音效果最佳）至1分（隔音效果最差）的評分。

5-2-2 實驗結果：

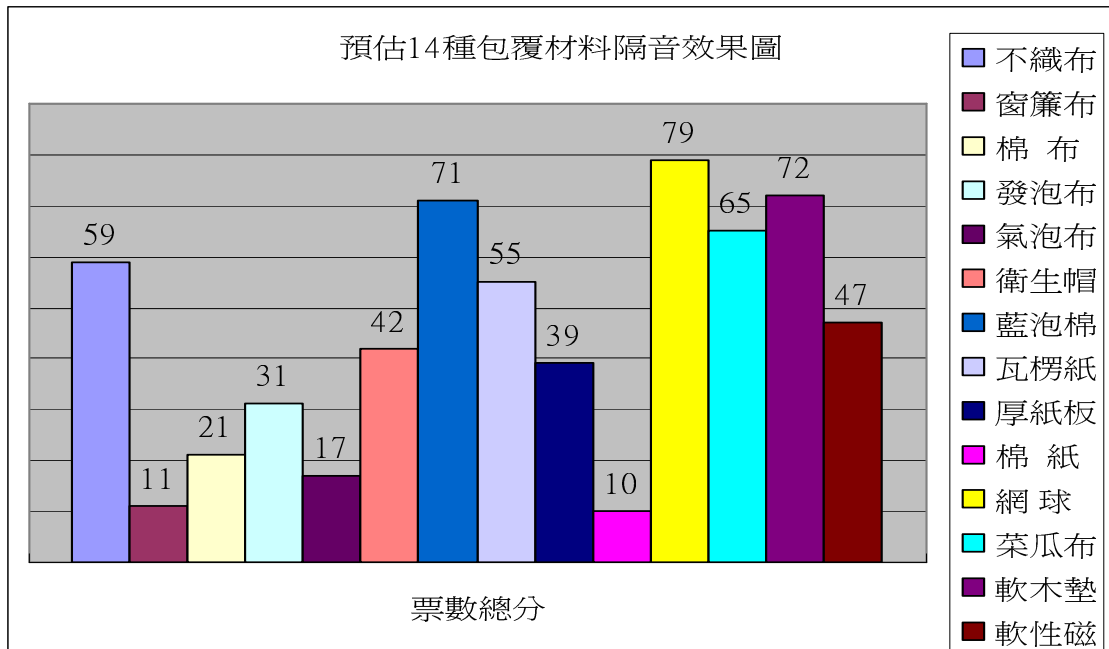
1. 以觸覺預估14種包覆材料的隔音效果：表 5-2-a

類別	包覆材料	A實驗者	B實驗者	C實驗者	D實驗者	E實驗者	F實驗者	總分	平均	排序
布料類	不織布	12	11	9	10	8	9	59	9.8	5
	窗簾布	1	3	2	2	1	2	11	1.8	13
	棉布	3	4	3	4	3	4	21	3.5	11
泡棉類	發泡布	6	5	5	5	5	5	31	5.2	10
	氣泡布	2	1	4	3	4	3	17	2.8	12
	衛生帽	10	7	7	6	6	6	42	7	8
	藍泡棉	7	13	13	12	14	12	71	11.8	3
紙類	瓦楞紙	5	10	10	9	11	10	55	9.2	6
	厚紙板	4	6	6	8	7	8	39	6.5	9
	棉紙	3	2	1	1	2	1	10	1.7	14
其他類	網球	14	12	14	13	13	13	79	13.2	1
	菜瓜布	9	9	9	14	10	14	65	10.8	4
	軟木墊	13	14	11	11	12	11	72	12	2
	軟磁鐵	8	8	8	7	9	7	47	7.8	7

2. 預估 14種包覆材料的隔音效果表： 圖 5-2-A-B 圖 5-2-C-D



3. 預估14種包覆材料的隔音效果總表：圖 5-2-E



5-2-3 實驗發現：

1. 經大家熱烈討論，其他類的網球、軟木墊、菜瓜布、泡棉類的藍泡棉，布料類的不織布以優異「成績」脫穎而出評定為前五名；成為大家心中的隔音王。事後討論一致認為前五強摸起來厚厚的，很扎實的樣子。
2. 布類中的窗簾布和紙類的棉紙，從頭到尾沒有異議的囊括最後一、二名，成為隔音功能完全不行的墊底王。泡棉類的氣泡布、衛生帽和紙類的厚紙板，由於容易產生聲音也是敬陪末座。
3. 判斷過程有趣又好玩，為了擁護自己心目中的「隔音王」，偶爾難免有爭執，最後總算分出勝負。有人再提議，或許可用科學方式來判斷：將外在主觀因素降到最低，運用客觀的測量方式獲得最接近真實狀態的儀器測量，因此進入運用儀器探討『不同的包覆材質與產生的噪音大小之相關性。』

5-2-4 實驗過程：

- (一)、決定不同材質包覆椅腳控制變因：同 5-1-1研究一實驗過程進行測試。
- (二)、決定測量時間控制變因
 1. 決定五個測量時間：早上8時、10時，中午12時及下午1時和3時。五個時間均採間隔 2小時做一次紀錄。
 2. 避免不客觀紀錄，以90秒作一個週期，每隔30秒紀錄一次，最後再將獲得

的三個數據求平均當結果。

- 依14種材料特性分別裁成邊長10 cm和4 cm的正方形來包覆椅腳；並改變不同材料重覆測量3次記錄表格中。

5-2-5 實驗結果：

- 14種包覆物實驗結果登錄表中，共14張記錄圖表（參附件三、四）。



圖 5-2-F



圖 5-2-G

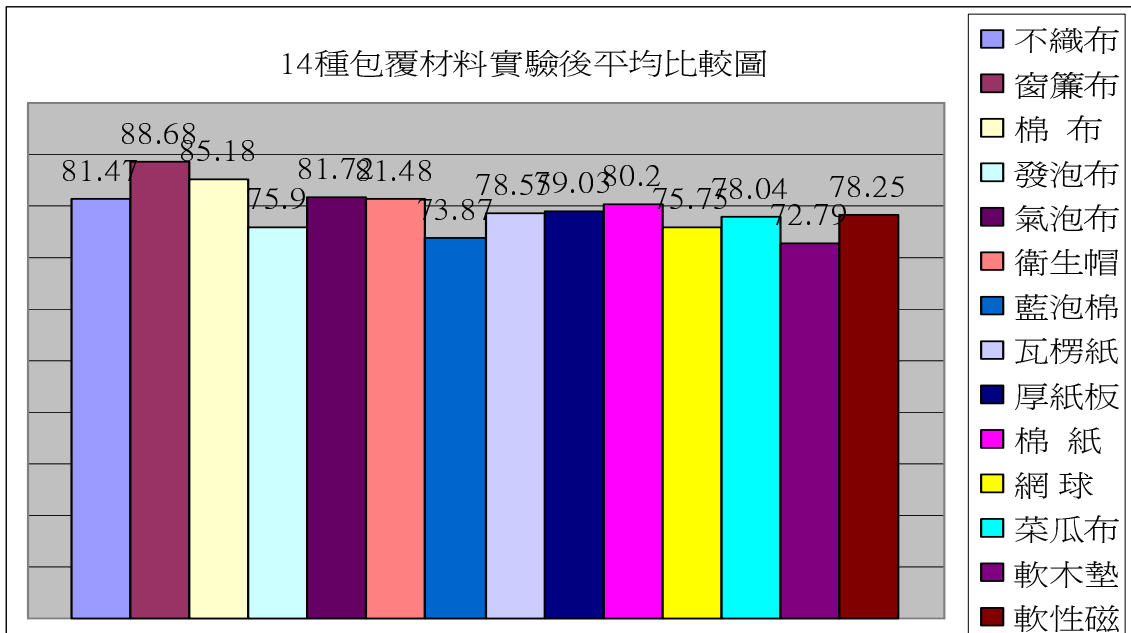
- 14種包覆物與產生噪音大小平均：

表 5-2-b

類別	包覆材料	上午	中午	下午	平均	排序	實驗總排序
布料類	不織布	79.77	82.62	82.02	81.47	1	10
	窗簾布	87.7	89.84	88.51	88.68	3	14
	棉布	86.02	85.41	84.12	85.18	2	13
泡棉類	發泡布	74.07	76.21	77.41	75.90	2	4
	氣泡布	84.04	79.74	81.38	81.72	4	12
	衛生帽	78.53	81.68	84.22	81.48	3	11
	藍泡棉	74.17	73.07	74.37	73.87	1	2
紙類	瓦楞紙	76.43	78.41	80.81	78.55	1	7
	厚紙板	80.11	78.15	78.82	79.03	2	8
	棉紙	81.83	79.08	79.7	80.20	3	9
其他類	網球	74.96	74.92	77.37	75.75	2	3
	菜瓜布	76.87	79.12	78.13	78.04	3	5
	軟木墊	73.33	72.77	72.27	72.79	1	1
	軟磁鐵	76.94	77.62	80.19	78.25	4	6

- 14種包覆物實驗後比較圖

圖 5-2-H



5-2-6 實驗發現：

1. 根據表 5-2-b，實驗前大家預估 14 種包覆材質隔音效果最好的布料類是不織布，泡棉類是藍泡棉，紙類是瓦楞紙，其他類是網球；實驗後和大家預估的極為吻合。（參附件五）
2. 大家預估的前七名分別為網球、軟木墊、藍泡棉、菜瓜布、不織布、瓦楞紙和軟性磁鐵。實驗結果 2 表中包覆椅腳隔音效果最好的前七名分別是軟木墊（**72.79**）、藍泡棉（**73.87**）、網球（**75.75**）、發泡布（**75.90**）、菜瓜布（**78.04**）、軟磁鐵（**78.25**）和瓦楞紙（**78.55**）。
3. 布類表現最差，棉布、窗簾布、不織布等全軍覆沒。其他類的軟木墊、軟磁鐵、菜瓜布、網球表現最佳，分別攻佔第一、三、六名。泡棉類的藍泡棉、發泡布也進入第二、四名。
4. 布類未能排進前七名的原因，推測可能是質料輕薄，單層包覆椅腳隔音效果較差；而其他類的軟木墊、軟磁鐵、菜瓜布、網球等，因質料柔軟有厚度，包覆椅腳隔音效果較佳。（參附件六）
5. 紙類中只有瓦楞紙因有厚度而擠入第七名。但是會因摩擦次數多而產生更大的聲音。大家決定進一步研究 14 種包覆材質接觸地面後的摩擦力情形。

5-3 研究三：不同包覆物接觸地面摩擦係數與噪音大小的相關性

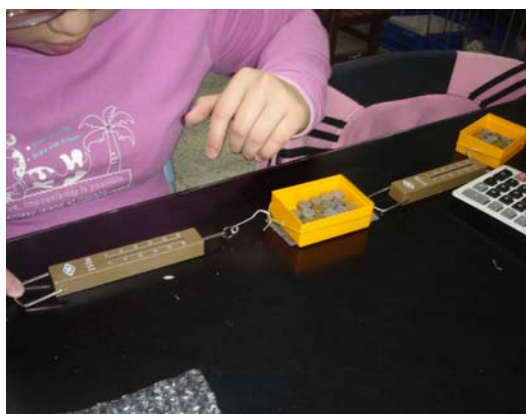
5-3-1 實驗過程：

(一)、決定控制變因

1. 探討不同包覆物接觸地面摩擦與產生的噪音分貝大小是否有關，選擇在六年級自然教室操作。
2. 避免不客觀的音量紀錄，重覆實驗10次再求其平均。

(二)、決定小台車與承載物重量控制變因

1. 使用的小台車淨重10 gw，承載砝碼重為200 gw，正向力總重為210 gw。
2. 將 14 種包覆物分別包覆小台車底部，避免拉力不均產生誤差，固定由一位實驗者進行 10 次實驗後得平均再算出摩擦係數，以便觀察 14 種包覆材質與地面摩擦產生的噪音分貝大小是否真正有關。



5-3-2 實驗結果：

圖5-3A

1. 14 種包覆材質摩擦地面的拉力 大小：單位：gw								表 5-3-a
包覆物 次數	不織布	窗簾布	棉 布	發泡布	氣泡布	衛生帽	藍泡棉	
	拉 力	拉 力	拉 力	拉 力	拉 力	拉 力	拉 力	
1	65	70	65	100	100	40	120	
2	60	70	60	110	100	40	140	
3	60	60	60	100	100	40	140	
4	60	60	55	105	100	45	130	
5	65	70	55	120	100	45	140	
6	70	70	60	140	105	40	150	
7	70	70	60	130	110	50	130	
8	65	60	60	115	100	45	140	
9	60	75	60	120	105	50	140	
10	65	60	55	120	102	45	140	
平均	64	66.5	59	116	102.2	44	137	

包覆物 次數	瓦楞紙	厚紙板	棉 紙	網 球	菜瓜布	軟木墊	軟磁鐵
	拉 力	拉 力	拉 力	拉 力	拉 力	拉 力	拉 力
1	80	60	35	40	85	130	85
2	80	55	35	45	80	150	75
3	60	50	30	40	75	160	85
4	80	50	35	50	75	150	70
5	70	50	35	40	75	160	90
6	60	50	35	40	70	160	80
7	60	50	30	45	70	155	80
8	75	50	35	45	60	160	70
9	80	55	30	40	70	160	85
10	80	60	35	40	70	150	70
平均	72.5	53	33.5	42.5	73	153.5	79

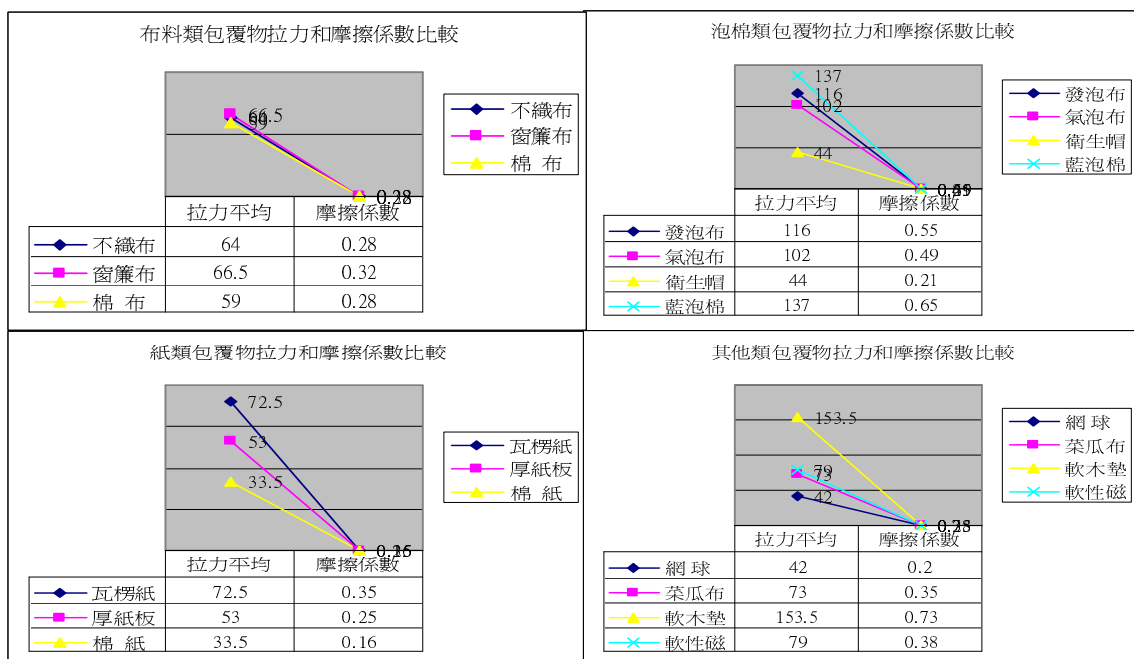
表 5-3-b

2. 14 種包覆物摩擦係數：F (施力)= N (正向力)×μ(摩擦係數) ; 正向力即物品重

包覆物	F	N	μ	包覆物	F	N	μ
不織布	64 g	210g	0.28	瓦楞紙	72.5 g	210g	0.35
窗簾布	66.5 g	210g	0.32	厚紙板	53 g	210g	0.25
棉 布	59 g	210g	0.28	棉 紙	33.5 g	210g	0.16
發泡布	116 g	210g	0.55	網 球	42.g	210g	0.20
氣泡棉	102 g	210g	0.49	菜瓜布	73 g	210g	0.35
衛生帽	44 g	210g	0.21	軟木墊	153.5 g	210g	0.73
藍泡棉	137 g	210g	0.65	軟性磁	79 g	210g	0.38

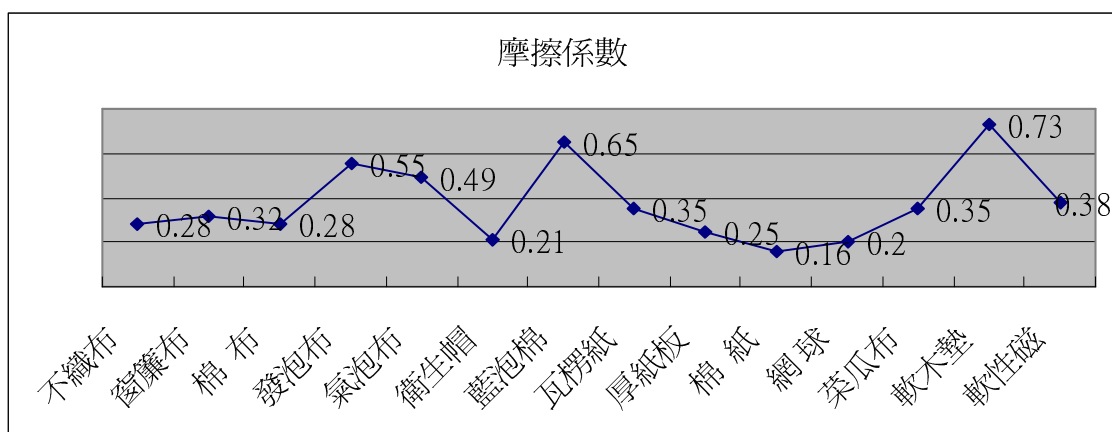
3. 四類包覆物拉力和摩擦係數比較圖：

圖 5-3B ~ 圖 5-3E



4. 14 種包覆物摩擦係數表：

圖 5-3F



5-3-3 實驗發現：

1. 從圖5-3F中發現，摩擦係數由大到小依序是：軟木墊（**0.73**）、藍泡棉（**0.65**）、發泡布（**0.55**）、氣泡布（**0.49**）、軟磁鐵（**0.38**）、菜瓜布和瓦楞紙（**0.35**）、窗簾布（**0.32**）、不織布和棉布（**0.28**）、厚紙板（**0.25**）、衛生帽（**0.21**）、網球（**0.20**）、棉紙（**0.16**）。（參附件七）
2. 任何物體都有摩擦係數，拉力越大，摩擦係數就越大；摩擦力愈大，所產生的聲音未必會愈大。實驗二中包覆椅腳隔音效果最好的前七名：軟木墊、藍泡棉、發泡布、菜瓜布、軟磁鐵和瓦楞紙；它們的摩擦係數都大，隔音效果也是最好的前七名。
3. 由此觀之，**摩擦係數歸納為一個定值。摩擦力愈大，只代表拖曳就越不易，但產生的聲音不一定愈大。表示摩擦係數對於噪音大小的影響並不大。**
4. 對於實驗結果，大家討論後覺得噪音大小應該會和包覆物本身的厚度和拉椅子的角度有關。

5-4 研究四：包覆材質的厚度與產生的噪音大小之相關性

5-4-1 實驗過程：

(一)、決定控制變因

1. 進一步探究14種包覆物本身厚度與產生噪音分貝是否有關，選擇在六年級自然教室實驗。避免不客觀紀錄，14種包覆物每加一層厚度，重覆實驗5次再求其平均。

(二)、決定材質包覆的規格和方式

1. 先測量14種包覆物一層厚度的噪音值，作為判別材質厚度與噪音是否相關。
2. 14種包覆物因材質不同有三種裁剪方式：裁成邊長10cm的布料類、紙類、發泡布和氣泡布；裁成邊長4cm的藍泡棉、軟木墊、菜瓜布和軟磁鐵；前三種有厚度、軟磁鐵堅硬卻易斷裂，只能裁成和椅腳同寬度來包覆；網球和衛生帽已經是固定形狀，就依原來形態包覆。

5-4-2 實驗結果：

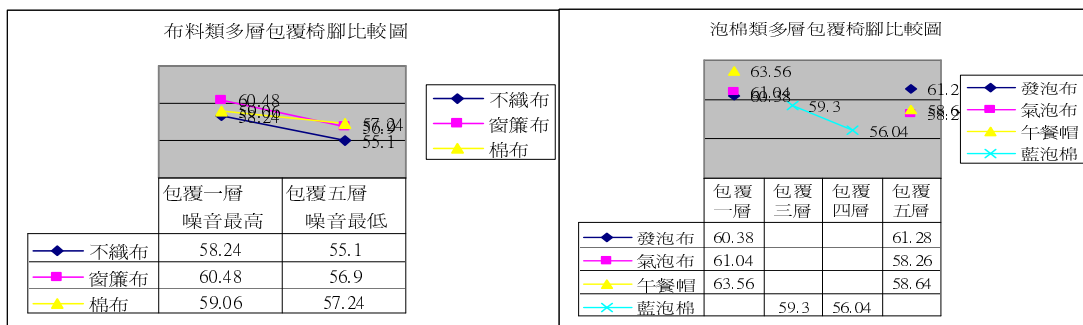
1. 14 種包覆材料單隻椅腳的厚度與產生噪音之相關性
 藍：噪音最高，紅：噪音最低，單位：分貝（db），厚度：cm 表5-4

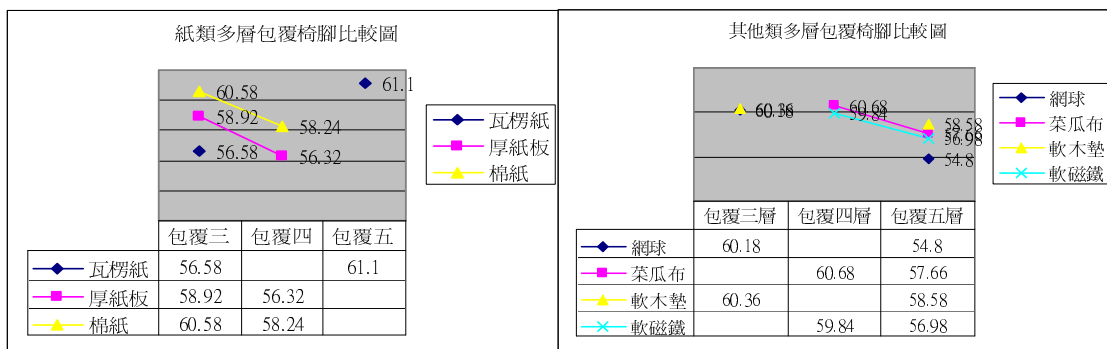
類別	包 覆 材 料	一層 厚度	噪音 分貝	二層 厚度	噪音 分貝	三層 厚度	噪音 分貝	四層 厚度	噪音 分貝	五層 厚度	噪音 分貝
布 料 類	不織布	0.2	58.24	0.4	55.14	0.6	56.8	0.8	55.48	1.0	55.1
	窗簾布	0.1	60.48	0.2	60.22	0.3	59.96	0.4	59.54	0.5	56.9
	棉 布	0.2	59.06	0.4	58.44	0.6	57.6	0.8	56.44	1.0	57.24
泡 棉 類	發泡布	0.1	60.38	0.2	60.92	0.3	60.78	0.4	61.08	0.5	61.28
	氣泡布	0.2	61.04	0.4	60.54	0.6	60.7	0.8	58.98	1.0	58.26
	衛生帽	0.05	63.56	0.1	59.7	0.15	59.58	0.2	61.88	0.25	58.64
	藍泡棉	0.3	57.48	0.6	58.4	0.9	59.3	1.2	56.04	1.5	57.32
紙 類	瓦楞紙	0.6	57.62	1.2	57.54	1.8	56.58	2.4	57.76	3.0	61.1
	厚紙板	0.1	58.82	0.2	58.92	0.3	56.32	0.4	57.42	0.5	58.7
	棉 紙	0.05	60.26	0.1	60.58	0.15	60.4	0.2	58.24	0.25	58.06
其 他 類	網 球	0.5	56.82	1.0	58.7	1.5	60.18	2.0	59.72	2.5	54.8
	菜瓜布	0.5	59.18	1.0	60.3	1.5	58.22	2.0	60.68	2.5	57.66
	軟木墊	0.45	58.76	0.9	58.88	1.35	60.36	1.8	59.56	2.25	58.58
	軟性磁	0.2	58.26	0.4	58.44	0.6	59.02	0.8	59.84	1.0	56.98

2. 四類材料多層包覆椅腳比較折線圖

圖5-4-A

圖 5-4-B





3. 14 種材料多層包覆椅腳各別分析圖 (參附件八) 圖 5-4-C 圖 5-4-D

1. 從圖 5-4-A-D 中發現，本身厚度不厚的布料類，包覆椅腳後產生最高噪音全數落在一層包覆，噪音最低也全數落在五層包覆。顯見厚度不厚的布料類，適用多層包覆來減小噪音。
2. 泡棉類包覆椅腳產生最高噪音偏在一層（氣泡布和衛生帽）和三層包覆（藍泡棉），發泡布在五層包覆下仍有最高噪音的現象發生，除了本身厚度不厚之外，在多層包覆後反而因容易和地面摩擦而產生刺耳的聲音來。
3. 厚度不厚的紙類，多層包覆後最高噪音在二層包覆（厚紙板和棉紙）和五層包覆（瓦楞紙）；紙類中以棉紙適合多層包覆。瓦楞紙厚度高達 0.6 cm，在包覆五層後反而出現高噪音，推測是厚度過大和地面摩擦產生刺耳聲音來
4. 其他類在多層包覆之下，產生的最低噪音全數落在五層包覆。可見其他類的材質本身的厚度幫了不少的忙。
5. 從 5-4 的圖表中發現，當包覆材質厚度成倍數增加時，聲音卻不會成倍數減少。包覆椅腳數增加時，聲音也不會成倍數成長。

5-5 研究五：拉動椅子角度的不同對於產生的噪音分貝數大小的影響

5-5-1 實驗過程：

(一)、決定不同角度拉動椅子的控制變因

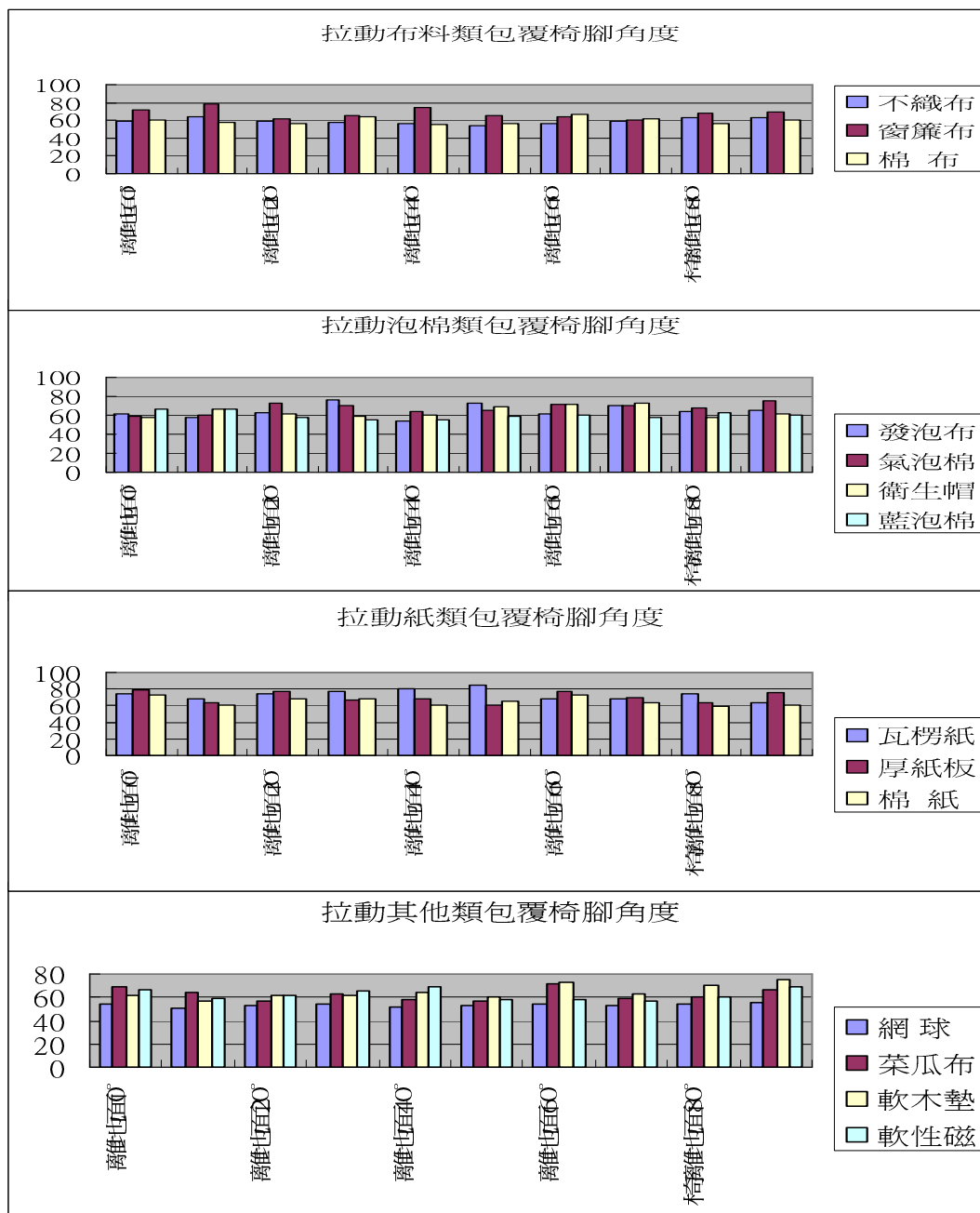
1. 了解不同角度拉動椅子與產生噪音分貝的關係，在六年級自然教室進行測試。避免操縱變因過多造成不客觀紀錄，由同一位實驗者拉動椅子。

(二)、決定拉椅腳離地面的角度控制變因

1. 測量椅腳離地面的角度從 0°到接近 90°的噪音分貝，每加 10°測試一次。
2. 為突顯四類包覆物的效果，先測量椅腳無包覆物的分貝，以便對照比較。
3. 為避免不客觀的音量紀錄，每變動一個角度會重覆實驗 5次再求其平均。
4. 椅腳數由四腳變成兩腳，手採取平拉式拉動椅子，不可彎曲以免影響變因。
5. 固定分貝器測量的距離：一律放置後椅腳左側15公分處測量。

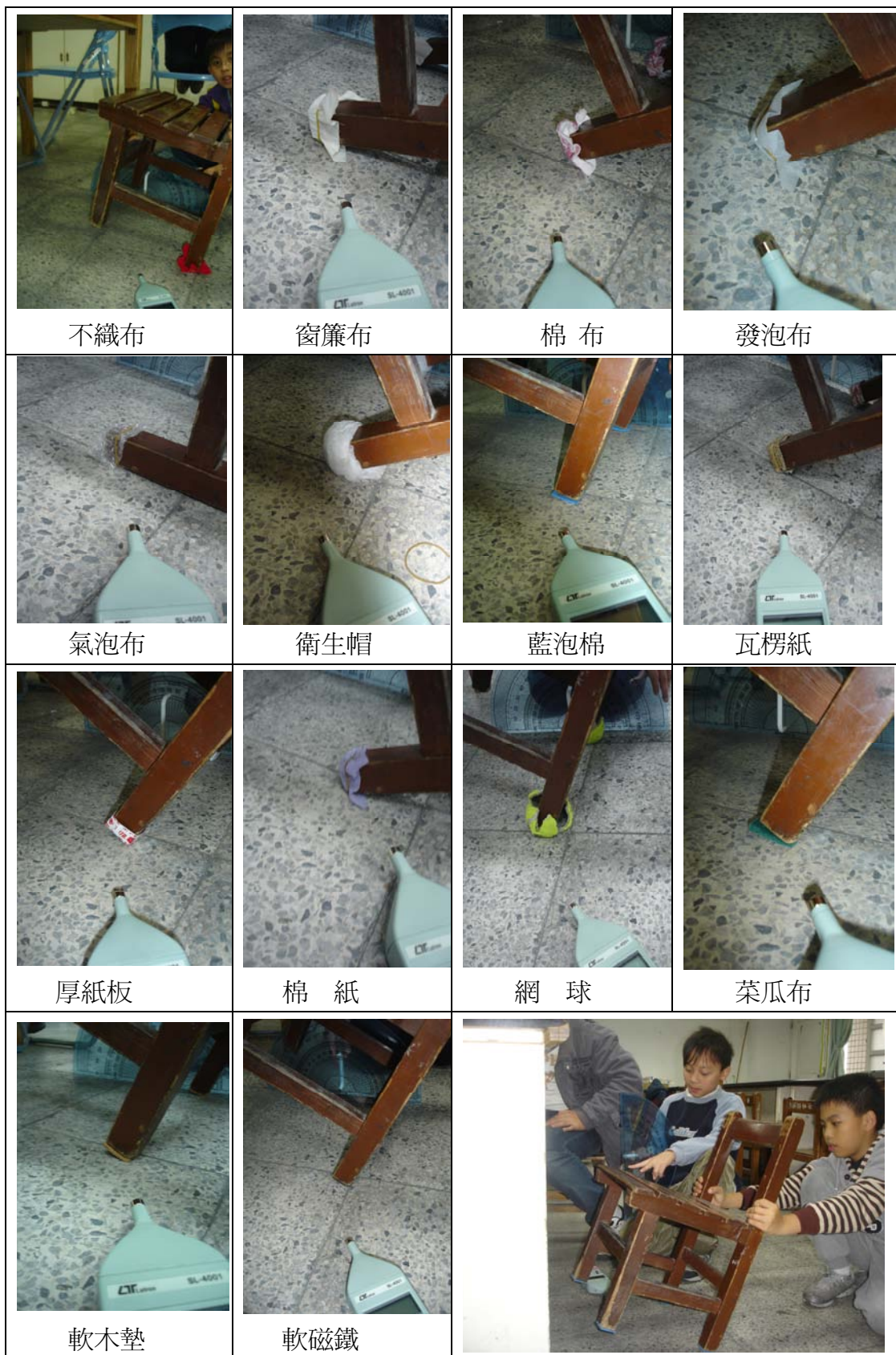
5-5-2 實驗結果：

1. 14 種包覆材料，手平拉椅子椅腳離地面角度的噪音表（參附件九、十）。
2. 四類材料包覆椅腳椅腳離地面角度比較圖： 圖 5-5-A到圖 5-5-D



3. 四類材料包覆椅腳椅子離地面角度照片 圖 5-5E

(4) 圖 5-5-S



4. 14種包覆物的厚度和椅子離地面角度的噪音比較 高：藍 低：紅 表 5-5

厚度	包 覆 材 料	椅離 地 0°	離地 10°	離地 30°	離地 40°	離地 50°	離地 60°	離地 70°	接近 90°
0.05	衛生帽	57.5						72.4	
	棉 紙						73.4	59.3	
0.1	窗簾布		77.9					60	
	發泡布			76.8	54.3				
	厚紙板	78.5				60.6			
0.2	不織布		64.4			54			
	棉 布				55.2		66.5		
	氣泡布	58.7							75.2
	軟磁鐵							56.6	69
0.3	藍泡棉	66.8		55.5	55.5				
0.45	軟木墊		56.5						75.1
0.5	網 球				84.7				
	菜瓜布					56.1	70.8		
0.6	瓦楞紙					84.7			64
對照	無包覆	80.2		64					

5-5-3 實驗發現：

1. 布料類包覆椅腳後，在 40°（棉布 55.2、不織布 54）到 70°（窗簾布 60）間拉動椅子的聲音最低；泡棉類包覆椅腳後，在 0°（衛生帽 57.5、氣泡布 58.7）到 30°（藍泡棉 55.5）、40°（發泡布 54.3）間拉動椅子的聲音最低。
2. 紙類包覆椅腳，在 50°（厚紙板 60.6、棉紙 59.3）到接近 90°（瓦楞紙 64）間聲音最低；其他類包覆椅腳後，拉動椅子聲音最低出現在 10°（網球 50.8、軟木墊 56.5）、50°（菜瓜布 56.1）和 70°（軟磁鐵 56.6）。
3. 整體看來，四類包覆物以 30°到 70°的角度來拉動椅子，聲音是最低的。
4. 厚度同為 0.05cm 的衛生帽和棉紙卻呈現反差，兩者表面質地都是粗糙而柔軟；衛生帽在 0°時聲音最低，棉紙卻在 70°時聲音才最低；推測可能是因為棉紙比衛生帽容易磨損之故。
5. 厚度僅有 0.05cm 的衛生帽和棉紙，到 60°和 70°才出現最高聲音；而厚度 0.3cm 的藍泡棉在 0°拉動就出現最高噪音；推測是不同的包覆椅腳方式造成。

6. 14種包覆椅腳物品中厚度最厚的瓦楞紙（0.6cm），在80°拉動椅腳時聲音最低；推測是瓦楞紙與地面接觸由0°的面（平拉四腳）到80°的點（平拉兩腳）時，接觸面少了摩擦之故。

5-6 研究六：不同的包覆椅腳方式對於產生的噪音分貝數大小的影響

5-6-1 實驗過程：

（一）、決定不同包覆椅腳方式的控制變因

1. 探討14種包覆物以不同包覆方式與產生的噪音分貝是否有關。在六年級自然教室實驗。
2. 避免出現不客觀記錄，將研究四包覆物的厚度和研究五拉動椅子角度後的數據相互比較，檢視不同包覆椅腳方式是否影響噪音分貝大小。


（二）、決定包覆物的包覆規格

1. 依14種包覆材質特性，分別裁剪邊長10cm：布料類、紙類、泡棉類中的發泡布、氣泡布等因質料柔軟，不易斷裂容易包覆。
2. 裁成邊長4cm的藍泡棉、軟木墊、菜瓜布因有厚度、軟磁鐵堅硬卻易斷裂只能裁成同椅腳寬度黏貼；網球和衛生帽已經是固定形狀，就依原來形態包覆。

5-6-2 實驗結果：

1. 14 種材料包覆椅腳的方式照片比較：

表 5-6

類別包覆材料		裁剪方式	厚度	包覆方式和照片
布料類	不織布	邊長10cm	0.2	質料柔軟不易斷裂可完全包覆，橡皮筋圈約 3cm 高處 
	窗簾布		0.1	
	棉布		0.2	
泡棉類	發泡布	邊長10cm	0.1	質料柔軟，可完全包覆椅腳，橡皮筋圈約 3cm 高處

類別	包覆材料	裁剪方式	厚度	包覆方式和照片
	氣泡布		0.2	
	衛生帽	無法裁剪 依照原狀	0.05	可完全包覆，不需再用橡皮筋圈住 
	藍泡棉	邊長 4 cm	0.3	不能完全包覆，只能和椅腳同寬度黏貼 
紙類	瓦楞紙	邊長 10 cm	0.6	可完全將椅腳包覆約 3cm 高處 
	厚紙板		0.1	
	棉紙		0.05	
其他類	網球	無法裁剪 依照原狀	0.5	可完全包覆椅腳，不需再用橡皮筋圈住 
	菜瓜布	邊長 4 cm	0.5	不能完全包覆，只能和椅腳同寬度黏貼 
其他類	軟木墊	邊長 4 cm	0.45	
	軟磁鐵	4 cm	0.2	

2. 14 種包覆材料，其表面質地和厚度、摩擦係數、噪音高低比較 單位：分貝
高：藍 低：紅 表 5-6-a

類別	包覆物品	厚度	表面質地	摩擦係數	包覆單腳	包覆二腳	包覆四腳
布料類	不織布	0.2	粗糙但柔軟	0.28	58.24	58.9	81.47
	窗簾布	0.1	平滑但柔軟	0.32	59.54	71.7	88.68
	棉布	0.2	粗糙但柔軟	0.28	58.44	59.9	85.18
泡棉類	發泡布	0.1	粗糙但柔軟	0.55	60.38	60.8	75.90
	氣泡布	0.2	粗糙但柔軟凹凸不平	0.49	61.04	58.7	81.72
	衛生帽	0.05	粗糙但柔軟	0.21	63.56	57.5	81.48
	藍泡棉	0.3	平滑但柔軟	0.65	57.48	66.8	73.87
紙類	瓦楞紙	0.6	表面粗糙凹凸不平	0.55	57.62	73.8	78.55
	厚紙板	0.1	平滑但堅硬	0.35	58.82	78.5	79.03
	棉紙	0.05	表面粗糙但柔軟	0.25	60.26	73.1	80.20
其他類	網球	0.5	表面粗糙但柔軟	0.16	56.82	54.1	75.75
	菜瓜布	0.5	粗糙凹凸不平	0.20	59.18	68.4	78.04
	軟木墊	0.45	粗糙但柔軟	0.35	58.76	61	72.79
	軟磁鐵	0.2	平滑但堅硬	0.73	58.26	66.1	78.25

5-6-3 實驗發現：

- 裁成邊長 10cm 的布料類包覆單腳、兩腳或四腳，噪音最低是不織布（摩擦係數 0.28），最高為窗簾布（摩擦係數 0.32）；此時材料厚度會影響噪音分貝數，如厚度 0.2 不織布和厚度 0.1 窗簾布均影響噪音分貝。
- 裁成邊長 10 cm 的發泡布和氣泡布，裁剪成邊長 4 cm 的藍泡棉，和依原本形態包覆椅腳的衛生帽；摩擦係數 0.65 和厚度 0.3 的藍泡棉噪音卻最低，而邊長 10cm 的氣泡布噪音卻最高。如此看來，不同的包覆椅腳方式對於產生的噪音分貝數大小並非有絕對的影響。
- 裁成邊長 10 cm 的紙類中，厚度最薄的棉紙（0.05）包覆單腳和四腳時噪音最高，而摩擦係數 0.55 和厚度 0.6 的瓦楞紙噪音最低；摩擦係數以及本身厚度會影響噪音分貝。
- 其他類因本身有厚度，裁成邊長 4 cm 和椅腳同寬度黏貼與依原來形態包覆椅腳的網球；厚度同為 0.5 的菜瓜布和網球，在包覆單腳或兩腳椅腳時，網球噪音最低，菜瓜布噪音最高。而摩擦係數最高（0.73）厚度最薄（0.05）

的軟磁鐵，包覆四腳時噪音最低。觀察發現，其他類以不同方式包覆對於產生的噪音分貝數大小有影響。

5. 從以上資料得知，邊長 10cm 方式包覆椅腳的布料類以及紙類、泡棉類中的發泡布、氣泡布等，摩擦係數以及本身厚度會影響噪音分貝數。以不同方式包覆對於產生的噪音分貝數大小有影響的唯有其他類。
6. 還有什麼因素會使包覆材料和產生的噪音分貝數大小有相對的關聯性，推測應該和包覆物的表面質性有關。

5-7 研究七：包覆物表面質性當不同地面對於噪音分貝數大小的影響

5-7-1 實驗過程：

(一)、決定控制變因

1. 為了解材質和噪音大小是否產生關係，在六年級自然教室以14種包覆物當跑道，觀察小車滑動距離並紀錄和噪音分貝。
2. 進行14種包覆物表面質性分析。跑道和桌面角度從 10°到 80°，為避免不客觀的紀錄，重覆實驗 5次再求其平均。（參附件十一）

(二)、決定小車與承載物重量控制變因

1. 使用的小車重20 gw，以後輪著地計算。將14種包覆物當跑道，為避免有太大的誤差值影響變因，由固定一位實驗者進行實驗。

5-7-2 實驗結果：

1. 以14種包覆物為跑道車子滑動距離：單位：cm，藍：最長，紅：最短 表5-7

類別	包 覆 材 料	離地 面 10°	離地 面 20°	離地 面 30°	離地 面 40°	離地 面 50°	離地面 60°	離地面 70°
布 料 類	不織布	28.6	32.6	44	36.8	42.2	翻車	翻車
	窗簾布	34.4	56	61.6	53	48.4	36.2	10.8
	棉 布	23.2	25.8	25.8	26.4	25	20.2	13.2
泡 棉 類	發泡布	67.2	66.4	59.4	56.8	53.6	53.2	翻車
	氣泡棉	20.8	26	18.2	20.8	19.8	11	9.8
	衛生帽	10.6	27.4	41.6	59.2	68.2	47.4	翻車
	藍泡棉	23	29.8	35	28.6	21.5	翻車	翻車

類別	包 覆 材 料	離地 面 10°	離地 面 20°	離地 面 30°	離地 面 40°	離地 面 50°	離地面 60°	離地面 70°
紙	瓦楞紙	15.2	39.8	29.2	16.4	11.8	〃	〃
	厚紙板	53.6	55.6	44.4	52.8	42.4	〃	〃
類	棉 紙	28	54.4	39.4	31.2	35.8	48.8	〃
其他 類	網 球	27.4	28.6	9	4	4.8	翻車	〃
	菜瓜布	17.8	23.8	17.5	翻車	翻車	〃	〃
	軟木墊	25	21.6	26.4	15.4	16	〃	〃
	軟磁鐵	37.4	39.6	34.8	36.6	30	〃	〃
	無物品	51	72.2	83.4	81.4	87	63.6	〃

2. 14種包覆物表面質性與車子滑動關係：藍：距離長，紅：距離短 表5-7-a~b

類 別		布料類			泡棉類			
包 覆 物 品		不織布	窗簾布	棉 布	發泡布	氣泡布	衛生帽	藍泡棉
厚 度		0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.05	0.3
表面質地		粗糙 柔軟	平滑 柔軟	粗糙 柔軟	粗糙 柔軟	粗糙柔軟 凹凸不平	粗糙 柔軟	平滑 柔軟
包覆單腳		58.24	59.54	58.44	60.38	61.04	63.56	57.48
包覆二腳		58.9	71.7	59.9	60.8	58.7	57.5	66.8
包覆四腳		81.47	88.68	85.18	75.90	81.72	81.48	73.87
車 子 滑 動	離地 10°	28.6	34.4	23.2	67.2	20.8 cm	10.6	23
	離地 20°	32.6	56	25.8	66.4	26 cm	27.4	29.8
	離地 30°	44 cm	61.6	25.8	59.4	18.2 cm	41.6	35 cm
	離地 40°	36.8	53 cm	26.4	56.8	20.8 cm	59.2	28.6
	離地 50°	42.2	48.4	25 cm	53.6	19.8 cm	68.2	21.5
類 別		紙 類			其他類			
包 覆 物 品		瓦楞紙	厚紙板	棉 紙	網 球	菜瓜布	軟木墊	軟磁鐵
厚 度		0.6	0.1	0.05	0.5	0.5	0.45	0.2
表面 質地		粗糙凹 凸不平	平滑 堅硬	粗糙 柔軟	粗糙柔 軟	粗糙柔軟 凹凸不平	粗糙 柔軟	平滑 堅硬
包覆單腳		57.62	58.82	60.26	56.82	59.18	58.76	58.26
包覆二腳		73.8	78.5	73.1	54.1	68.4	61	66.1
包覆四腳		78.55	79.03	80.20	75.75	78.04	72.79	78.25
車 子 滑 動	離地 10°	15.2	53.6	28 cm	27.4	17.8 cm	25cm	37.4 cm
	離地 20°	39.8	55.6	54.4	28.6	23.8 cm	21.6	39.6 cm
	離地 30°	29.2	44.4	39.4	9 cm	17.5cm	26.4	34.8 cm
	離地 40°	16.4	52.8	31.2	4 cm	翻車	15.4	36.6 cm
	離地 50°	11.8	42.4	35.8	4.8 cm	翻車	16 cm	30 cm

5-7-3 實驗發現：

1. 從表5-7-a~b中發現，從60°起，14種包覆物部分材料已翻車，故只採計到50°。以布料類為跑道時，表面質地會影響車子滑動。以表面質地平滑的窗簾布為跑道，滑動距離最長；表面質地粗糙但柔軟的棉布，滑動距離最短。
2. 觀察車子滑動距離和噪音大小關係時發現，車子滑動距離最長的窗簾布，在包覆單椅腳、兩椅腳或四隻椅腳時噪音最高。
3. 泡棉類為跑道時，因表面質地比布料類粗糙，車子滑動距離也比布料類短；發泡布是此類中表面阻礙較少，滑動距離最長。氣泡布因表面粗糙加上凹凸不平，阻隔車子滑動因此距離最短。兩者都不能為減小噪音加分。
4. 紙類為跑道時，表面粗糙又凹凸不平的瓦楞紙讓車子滑動距離最短；表面平滑堅硬的厚紙板滑動距離最長；而以瓦楞紙包覆椅腳時的噪音反而減小，厚紙板則剛好相反。
5. 其他類中表面平滑堅硬的軟磁鐵使車子滑動距離最遠，表面粗糙又凹凸不平的菜瓜布在離地 40°就翻車了；平滑堅硬的軟磁鐵包覆椅腳時的噪音高。
6. 由此歸納出：材料質地柔軟比質地堅硬的材料對減小噪音效果好；相同性質的材料表面粗滑情形對減小噪音有影響，凹凸愈大，減小噪音效果愈好。

5-8 研究八：符合經濟效益又可減少噪音分貝的包覆椅腳材料

5-8-1 實驗過程：

(一)、決定調查市售14種包覆材料的商店或文具店

1. 分兩組進行調查14種包覆椅腳材料的市售情形。
2. 以學校學區內500公尺內的商店或文具店為對象，調查14種包覆材料的規格尺寸和價位。將調查結果登錄表格中比較，並提供學校採購參價之用。

(二)、決定商店或文具店以外採樣的控制變因

1. 以便宜方便取得為優先條件，討論除了商店或文具店以外，還有哪些可能取得包覆材料的方式。
2. 將四類包覆物實際在班級中測試一週，觀察並紀錄磨損情形。

5-8-2 實驗結果：

1. 市售14種四類包覆物的調查結果：

表5-8

類別	材料	規格大小	組裝方式 單價	可裁 成	可包覆椅 子張數	單張成本	可取得 方式
						30張價錢	
布料 類邊 10 cm	不織 布	厚 90x90cm	一大片 \$100	81小 片	約20張	單張\$5 30張\$150	文具店
	窗簾 布	200x165 cm	\$980 \$699 特價	約320 小片	80張	單張\$12.3 30張\$369	布行
	棉布	43x32cm	\$250 \$199 特價	約12	3張	單張\$83.3 30張\$2499	布行
裁 邊 長 10 cm	氣泡 布	150x90cm	一大片 \$50	約135 小片	約33張	單張\$1.2 30張\$36	文具店或 到電腦商 品店索取
	發泡 布	180x90cm	\$0元	約162 小片	約40張	\$0元	電腦商品 電器包裝 到店索取
紙 類 裁 邊 10 cm	瓦楞 紙	27x39.5cm	一張\$12	約6 小片	約2張	單張\$6 30張\$180	文具店 或拆卸 紙箱
	厚紙 板	27x39.5 cm	一張\$4	約6 小片	約2張	單張\$2 30張\$60	文具店
	棉紙	40x50cm	一包 \$70 有8張	20小 片	約5張	單張\$1.8 30張\$54	文具店 或花店 索取
其 他 類 裁 剪 邊 長 4 cm	菜瓜 布	20x14.5 cm	2片入 \$10	約30 小片	約7張	單張\$0.73 30張\$22	10元商 店
	軟木 墊	60x90cm	1片入 \$138	54小 片	約13張	單張\$10.6 30張\$318	文具店1 0元商店
	軟磁 鐵	30x30cm	1片入\$80	約49 小片	約12張	單張\$6.7 30張\$201	10元商 店
	藍泡 棉	40x4.5cm	2片入\$ 10	約10 小片 共20	5張	單張\$2 30張\$60	10元商 店
無 法	網球	統一 格式	3顆裝\$90	單顆約\$30，30張\$2700 價錢從27元到45元不等			體育用 品社
			單顆\$2	椅子需4顆球，30張\$240			網拍

類別	材料	規格大小	組裝方式 單價	可裁成	可包覆椅子張數	單張成本	可取得方式
						30張價錢	
裁剪	衛生帽	統一格式	5包500個\$680	單個約\$1.4，單張\$5.6	30張\$168		1 網購 2 學校午餐

3. 四類包覆材料，實際在班級中測試一週後的磨損情形

圖 5-8-A~5-8-F

時間 物品	第一天和第二天	第三天和第四天	第六天和第七天
布料類 不織布			
泡棉類 發泡布			
泡棉類 藍泡棉			
紙類 瓦楞紙			
其他類 網球			

時間 物品	第一天和第二天	第三天和第四天	第六天和第七天
其他類 軟木墊			

5-8-3 實驗發現：

1. 材料取得：布料類中不織布可在文具店購買，窗簾布和棉布則需到布行購買；泡棉類中的發泡布可到電器行或電腦商店索取，紙類方便取得，廢物再利用的情形較為划算；其他類中的網球，在體育用品社或網拍購買。
2. 信譽問題：由於網拍物品以二手商品居多，價格便宜但需注意使用期限，以及賣家信譽問題以免吃虧上當。以網球為例，如果賣家出售已經使用長達三個月以上，再來包覆椅腳的效果較不明顯。
3. 價錢規格：商店或文具店的價位差異甚大，網拍和10元商店的價位低，但品質可能有瑕疵；文具店屬中價位，體育用品社價位高。
4. 更換次數：材料原出產的品牌不一，以及本身材質不同，形成汰舊換新的必然性，相對影響價錢成本。布料類質地柔軟耐磨，包覆椅腳後約一個月更換，泡棉類具有厚度，隔音效果明顯卻易斷裂破損，需不定期檢視，一個月更換兩次。紙類質地粗糙易磨損，約一個月更換兩次。
5. 其他類中的網球具有高耐磨性，可使用長達一年以上；軟木墊和菜瓜布隔音效果雖然不錯，但易磨損且掉毛屑，更換頻繁。軟磁鐵磨損後易出聲響，

陸、討 論

在準備進行找出減小椅腳噪音之最佳包覆材質的研究時，剛好碰上新流感的盛行期，部份參與測試的班級和個人，因接連的停課而使得實驗好幾次被迫中斷暫停，長達兩個半月時間資料總算才完整。

其實沒有哪一種材料是可以完全達到隔音效果的，所以在選擇減小椅腳

噪音的包覆材料時，我們先評估附近環境最容易取得的，或是可以廢物再利用的優先。

一、這次實驗遇到一個最大困難點，就是無法完全隔絕教室內噪音，而噪音的來源大都來自室外，我們盡量選擇在校內安靜情況下測量椅腳噪音的分貝數。

二、在進行研究三、五、六和研究七時，我們選擇在校內的「自然教室」做測量，但多多少少還是會有一些誤差，但已經盡量保持精準。實驗中也發現，除非將全部的門窗關上，否則教室依然會受外界很大的影響。

三、完成這次科展後，會將研究結果讓全校師生知道，並提供我們的建議。

柒、結論與建議

一、綜合研究結果發現：

(一)、由於校園廣大和時間關係，無法測量到全校班級椅腳噪音大小，只挑選部分地點和時間測量。經過實際測量，班級椅腳未包覆物品的噪音分貝幾乎處於高分貝，或許就是我們常會覺得「耳根不清靜」的原因。

(二)、當椅子張數增加時，聲音不會成倍數成長。由1張增加至30張時，聲音只稍微增加2~5分貝間；同時拉30張椅子發出的聲音，所測得的分貝數不等於個體音量的總合。

(三)、摩擦係數是個定值。摩擦力愈大只能代表拖曳越不易，但產生的聲音不一定愈大。摩擦係數對於噪音大小的影響並不大。

(四)、當包覆材質厚度成倍數增加時，聲音不會成倍數減少。包覆椅腳數增加時，聲音也不會成倍數成長。隔音效果最佳的包覆材質的厚度是 0.4cm

(五)、拉動椅子的最佳角度是 30°到 70°。

(六)、包覆物表面材質以柔軟、粗糙最佳；柔軟材質比質地堅硬對於減小噪音效果要好；而同材質表面粗滑，凹凸愈大效果愈好。

二、從這次研究發現，只要用心觀察，生活中有許多值得探討的問題。從生活中發現問題，由活動中學到蒐集和解釋資料等技能，找出解決問題的方法

三、根據醫學報導，人體所能容忍的**最大音量**在**55至65分貝**間，當長期處於高分貝的環境時，對身心健康和學習會產生不良影響。椅腳加裝包覆物明顯可以減小噪音量。

四、14種包覆材質中，其他類的**網球隔音效果最佳**，我們將實驗結果告知學校，期望學校能提供有效減小椅腳噪音的包覆物，還給師生一個清新健康的學習環境，是我們最大的心願。同時更希望我們小小的研究成果，能夠提醒大家關心椅腳噪音的問題，帶動相關的研究風氣，讓小朋友們不再受椅腳噪音之苦，擁有美好的學習環境。

捌、參考資料

- 一、牛頓出版股份有限公司 五下第六冊 第四單元 聲音
- 二、南一出版股份有限公司 五下第六冊 第四單元 聲音的探討
- 三、南一出版股份有限公司 六下第八冊 第三單元 永續家園
- 四、康軒出版股份有限公司 五下第六冊 第四單元 聲音與樂器
- 五、翰林出版股份有限公司 六上第七冊 第四單元 聲音與樂器
- 六、翰林出版股份有限公司 六下第八冊 第一單元 摩擦力
- 七、圖文出版社 聲音的世界

【評語】 080815

本作品探討同學們拉動課桌椅腳所發生的噪音音量，並探討14種不同材質包覆椅腳後之減少噪音音量效果，並對各材質進行最佳包覆方式及成本之分析，所得之結論可供學校選擇環保又省錢的最佳包覆材質之參考，故被推薦為第二名作品。