

台北市第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生活與應用科學（二）環保與民生

組 別：國小組

作品名稱：魔音不穿屋-消除噪音的方法

關 鍵 詞：隔音、消除噪音、居家噪音防制

編 號：

目錄

摘要	第 1 頁
壹、前言	第 1 頁
貳、研究設備與器材	第 1 頁
參、研究過程	第 2 頁
肆、研究結果	第 5 頁
伍、討論	第 18 頁
陸、結論	第 26 頁
柒、參考文獻資料	第 27 頁

次目錄

照片1：隔音膠條	第 1 頁
照片2：隔音棉	第 1 頁
照片3：噪音計	第 1 頁
照片4：爸爸在屋外使用噪音計	第 3 頁
照片5：媽媽在屋內使用噪音計	第 3 頁
照片6：噪音計最大值	第 3 頁
照片7：弟弟關窗戶	第 3 頁
照片8：弟弟開窗戶	第 3 頁
照片9：窗戶開啟程度	第 3 頁
照片10：鋪設隔音棉	第 4 頁
照片11：完成隔音棉鋪設	第 4 頁
照片12：將隔音膠條固定於門框上側	第 4 頁
照片13：將隔音膠條固定於門框下側	第 4 頁
表格1：實驗第一回：2021/10/23 16:00-16:30 小雨	第 5 頁
表格2：實驗第二回：2021/10/24 11:00-11:30 雨	第 6 頁
表格3：實驗第三回：2021/10/25 17:00-17:30 小雨	第 6 頁
表格4：實驗第四回：2021/10/26 20:00-20:30 晴時多雲	第 7 頁
表格5：實驗第五回：2021/10/27 19:30-20:00 晴時多雲	第 7 頁
表格6：實驗第六回：2021/10/28 19:30-20:00 晴時多雲	第 8 頁
表格7：實驗第七回：2021/10/29 19:30-20:00 陰	第 8 頁
表格8：實驗第八回：2021/10/30 16:00-16:30 陰	第 9 頁
表格9：實驗第九回：2021/10/31 19:30-20:00 晴時多雲	第 9 頁
表格10：實驗第十回：2021/11/1 19:30-20:00 晴	第 10 頁
表格11：實驗第十一回：2021/11/2 20:00-20:30 晴時多雲	第 10 頁
表格12：實驗第十二回：2021/11/3 19:40-20:00 晴時多雲	第 11 頁
表格13：實驗第十三回：2021/11/4 19:40-20:00 陰	第 11 頁
表格14：實驗第十四回：2021/11/5 19:50-20:10 晴時多雲	第 12 頁
表格15：屋內實驗前（欄位A）及屋外實驗前（欄位C）	第 13 頁
表格16：雨天非雨天時屋內雨屋外實驗前數值平均值	第 13 頁
表格17：屋外實驗後數值（欄位D）	第 14 頁
表格18：屋內外實驗後差異（欄位G）	第 15 頁
表格19：屋內屋外實驗前後的差異（欄位H）	第 17 頁
表格20：屋內實驗前後差異（屋內欄位E）及屋外實驗前後差異（欄位F）	第 18 頁
第二次實驗數據	第 21 頁

作品名稱

魔音不穿屋-消除噪音的方法

摘要

我曾經在書上看到，如果長期生活在吵雜的環境下，會產生焦躁、精神不佳等症狀。所以我常常擔心練琴時製造的噪音會吵到鄰居，所以就決定利用這次實驗找出減少居家噪音的合適方法。在實驗後發現 - 隔音效果最好的是關窗戶，其次是關窗戶搭配隔音棉或隔音膠條。由此可見，關窗戶是減少居家噪音的簡易好方法。

壹、前言

一、研究動機

日常生活中，常常會製造很多噪音，尤其是練琴的時候，總是會擔心吵到左鄰右舍。所以，我就開始留意各種消除噪音的方法。但是，消除噪音的方法有很多，例如：加裝隔音窗簾、關緊窗戶、使用隔音棉……等等。我很好奇這些隔音方法的實際效果，也想知道在不同環境條件下，例如：下雨天、週遭環境吵雜時，隔音效果會不會因此有所差異。希望能藉由這次實驗，找出減少居家噪音最適當的方法。

二、研究目的

- (一) 比較不同隔音方法的效果差異。
- (二) 比較不同環境條件下的隔音效果差異。
- (三) 找出居家生活中，能夠消除噪音的最佳方法。

貳、研究設備與器材

一、隔音膠條

二、隔音棉

三、噪音計



照片1：隔音膠條



照片2：隔音棉



照片3：噪音計

參、研究過程

一、如何決定實驗內容

我在《漫畫大英百科-光與聲音》書中讀到軟、表面不平的物體會吸收聲音；相反的，硬、表面平滑的物體則會反射聲音。由於實驗的目的是要降低樂器聲音對鄰居的影響，因此我也在網路上搜尋容易取得且能自行安裝的隔音材料，其中，隔音膠條可以讓門窗更為密合，減少的聲音的傳播；而隔音棉材質軟、表面凹凸不平的特性會吸收聲音，因此，我最後選定使用「隔音膠條」和「隔音棉」來作為吸音物，看看是否有降低音量的效果。

我曾經想把二胡的弱音夾、鋼琴的弱音踏板也納入實驗。弱音夾的使用是夾在二胡琴碼中間的洞裡，因為夾子擋住洞口會使聲音變小；正常情況下彈琴，琴槌是敲到三條弦發出聲音，而弱音踏板則是讓琴槌只敲到兩條弦，聲音因此而變小。考量到連自己都聽不清楚自己在拉什麼、彈什麼，會失去練習的意義，所以最後決定不採用。

另外，也搭配居家環境的改變：開關窗戶。來設計我的實驗內容。

因此，在我的實驗中，會有三種防治噪音的方式：鋪設隔音棉、黏貼隔音膠條、關窗戶。會測量在以下不同組合方式下的聲音數值：完全不使用隔音措施（實驗一）、分別採取單一噪音防治方式（實驗二、三、四）、採取兩兩搭配噪音防治方式（實驗五、六、七）、三種噪音防治方式全數使用（實驗八）。

實驗一：無隔音措施

實驗二：關窗戶並測量屋內外的音量

實驗三：使用隔音棉並測量屋內外的音量

實驗四：使用隔音膠條並測量屋內外的音量

實驗五：關窗戶加隔音棉並測量屋內外的音量

實驗六：使用隔音棉加隔音膠條並測量屋內外的音量

實驗七：使用隔音膠條加關窗戶並測量屋內外的音量

實驗八：使用隔音棉加隔音膠條並關窗戶，測量屋內外的音量

二、實驗過程注意事項

（一）實驗時間及人員

1. 預計進行連續兩週的實驗，因此會得到 14 回實驗數據。
2. 實驗參與人員有我、爸爸、媽媽和弟弟。為了減少人為操作錯誤，噪音計操作人員選定成人，由爸爸和媽媽負責操作並記錄數值；弟弟負責開關窗戶；媽媽、弟弟和我負責鋪設及取下隔音棉；爸爸負責黏貼及取下隔音膠條；我負責使用鋼琴製造聲音。為避免人為實驗誤差，每次進行實驗皆由相同人員負責固定工作。

(二) 實驗聲音數值

1. 在每回實驗，皆會量測實驗一至實驗八的屋內、屋外聲音數值。
2. 在每回實驗前所測量的背景值、實驗前及實驗後得到的聲音數值，皆是採計噪音計所顯示的「最大值」。噪音計只能測量當下數值、最小值及最大值，無法測得平均值，因此選擇「最大值」作為測量的數值。
3. 準備兩台相同的噪音計，每回實驗，噪音計操作人員都必須在固定位置量測聲音數值。在同一個時段，分別在屋內、屋外量測聲音數值。
4. 實驗時會盡量避免人為聲音干擾，以免影響實驗結果。室內外操作人員在量測聲音時，所有人員不交談；同時，會避開以下情形：屋外巷弄有汽機車正在通過時、附近有救護車消防車警車經過時、鄰居上下樓或開關門時... 等較大聲響。
5. 除以上情形外，若同一實驗有重複施測，所測得數值皆保留，並取平均值登錄於實驗結果，在表格中以底線標示。
6. 實驗數據整理，配合噪音計，數值皆取至小數點第一位。
7. 實驗時的聲音製造，使用鋼琴彈奏以下片段：
 - (1) 第一段：雨滴前奏曲第 1 小節至第 4 小節（於第一回和第二回實驗）
 - (2) 第二段：雨滴前奏曲第 40 小節至第 44 小節（於第三回至第十四回實驗）



照片4：
爸爸在屋外使用噪音計



照片5：
媽媽在屋內使用噪音計



照片6：
噪音計最大值

(三) 隔音措施

1. 每回實驗，開關窗戶人員在關窗戶時都必須完全關閉窗戶；打開窗戶時，必須開至固定位置，以確保每回開關窗戶的程度皆為一致。由於家中有養貓，窗戶原本就有設置木條以阻隔窗戶開放程度，實驗目的是想了解日常生活狀態下的噪音影響，因此就以平常狀態進行實驗。



照片7：
弟弟關窗戶



照片8：
弟弟開窗戶



照片9：
窗戶開啟程度

2. 鋪設隔音棉時，盡可能保持平整，每次實驗都鋪設在固定位置。由於需要多次重複鋪設及取下，以萬用黏土代替既有背膠來固定隔音棉。
3. 隔音棉的鋪設位置固定於鋼琴背面牆壁、鋼琴下方地板。



照片10：
鋪設隔音棉



照片11：
完成鋪設隔音棉

4. 黏貼隔音膠條時，由於需要多次重複鋪設及取下，同樣以萬用黏土代替既有背膠，將隔音膠條固定於門框上下。因原本的居家大門已自有膠條，四周都貼上膠條的話，則無法緊閉大門。觀察後，發現門框上下的原有膠條較薄，因此選擇補強於門框上下側。



照片12：
將隔音膠條固定於門框上側



照片13：
將隔音膠條固定於門框下側

（四）實驗步驟

為了讓實驗流程更為順暢，將八項實驗的順序調整如下：

1. 無隔音措施（實驗一）
2. 關窗戶並測量屋內外的音量（實驗二）
3. 關窗戶加隔音棉並測量屋內外的音量（實驗五）
4. 使用隔音棉並測量屋內外的音量（實驗三）
5. 使用隔音棉加隔音膠條並測量屋內外的音量（實驗六）
6. 使用隔音棉加隔音膠條並關窗戶，測量屋內外的音量（實驗八）
7. 使用隔音膠條加關窗戶並測量屋內外的音量（實驗七）
8. 使用隔音膠條並測量屋內外的音量（實驗四）

整體實驗步驟如下：

- 步驟1：測量屋內外的背景值
- 步驟2：進行實驗一（無隔音措施）
- 步驟3：關窗戶
- 步驟4：進行實驗二（關窗戶並測量屋內外的音量）
- 步驟5：鋪設隔音棉
- 步驟6：進行實驗五（關窗戶加隔音棉並測量屋內外的音量）
- 步驟7：開窗戶
- 步驟8：進行實驗三（使用隔音棉並測量屋內外的音量）
- 步驟9：黏貼隔音膠條
- 步驟10：進行實驗六（使用隔音棉加隔音膠條並測量屋內外的音量）
- 步驟11：關窗戶
- 步驟12：進行實驗八（使用隔音棉加隔音膠條並關窗戶，測量屋內外的音量）
- 步驟13：取下隔音棉
- 步驟14：進行實驗七（使用隔音膠條加關窗戶並測量屋內外的音量）
- 步驟15：開窗戶
- 步驟16：進行實驗四（使用隔音膠條並測量屋內外的音量）

肆、研究結果

一、十四回實驗數值與研究日誌

表格1：
第一回：2021/10/23 16:00-16:30 小雨

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	64.2			66.6				
實驗一	58.1	77.8	19.7	66.2	67.8	1.6	10.0	18.1
實驗二	67.1	83.2	16.1	64.5	66.8	2.3	16.4	13.8
實驗三	63.6	82.1	18.5	64.4	70.3	5.9	11.8	12.6
實驗四	67.8	81.1	13.3	66.1	72.2	6.1	8.9	7.2
實驗五	62.2	79.9	17.7	63.4	64.9	1.5	15.0	16.2
實驗六	63.3	83.2	19.9	63.9	69.4	5.5	13.8	14.4
實驗七	65.9	82.6	16.7	64.0	70.8	6.8	11.8	9.9
實驗八	61.1	81.4	20.3	63.6	68.6	5.0	12.8	15.3
日誌	1. 在屋外量測的實驗前後差異值（欄位F）不大，會不會是下雨天的關係？ 2. 比較屋內外實驗後差異（欄位G）發現，只關窗戶是效果最好的措施，是不是多重隔音措施不見得會帶來加乘效果？							

表格2：
第二回：2021/10/24 11:00-11:30 雨

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	69.4			69.8				
實驗一	65.7	86.3	20.6	68.0	69.0	1.0	17.3	19.6
實驗二	64.4	86.7	22.3	66.7	67.7	1.0	19.0	21.3
實驗三	64.4	79.2	14.8	66.1	68.0	1.9	11.2	12.9
實驗四	67.2	80.8	13.6	67.5	66.8	-0.7	14.0	14.3
實驗五	67.7	80.7	13.0	68.7	69.7	1.0	11.0	12.0
實驗六	66.1	79.4	13.3	64.9	66.8	1.9	12.6	11.4
實驗七	62.1	86.2	24.1	70.0	67.7	-2.3	18.5	26.4
實驗八	68.5	80.9	12.4	64.7	66.2	1.5	14.7	10.9
日誌	1. 和前次實驗結果雷同，在屋外量測的差異值（欄位F）不大，或許製造更大的聲音效果試試看。							

表格3：
第三回：2021/10/25 17:00-17:30 小雨

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	67.9			65.8				
實驗一	67.9	87.0	19.1	65.8	69.8	4.0	17.2	15.1
實驗二	69.2	90.1	20.9	65.2	64.8	-0.4	25.3	21.3
實驗三	70.8	90.7	19.9	64.1	69.2	5.1	21.5	14.8
實驗四	65.1	89.0	23.9	65.1	68.3	3.2	20.7	20.7
實驗五	65.7	91.2	25.5	64.8	68.2	3.4	23.0	22.1
實驗六	64.7	88.4	23.7	65.8	67.8	2.0	20.6	21.7
實驗七	<u>66.4</u>	<u>91.7</u>	25.3	64.8	67.4	2.6	24.3	22.7
實驗八	70.1	90.2	20.1	64.8	67.3	2.6	22.9	17.6
日誌	1. 這次實驗開始使用另一段可以製造更大聲音的旋律，屋內分貝已達87~91.7，但屋外實驗前後的差異（欄位F）依然不顯著。是否仍是因為下雨造成背景值較大的關係？							

表格4：
第四回：2021/10/26 20:00-20:30 晴時多雲

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	51.0			51.2				
實驗一	<u>65.0</u>	<u>89.7</u>	24.7	59.0	65.0	6.0	24.7	18.7
實驗二	64.4	93.9	29.5	52.4	58.6	6.2	35.3	23.3
實驗三	<u>66.1</u>	<u>89.4</u>	23.3	<u>54.7</u>	<u>62.6</u>	7.9	26.9	15.5
實驗四	65.6	88.7	23.1	53.5	61.8	8.3	26.9	14.8
實驗五	<u>65.7</u>	<u>89.2</u>	23.5	<u>56.6</u>	<u>62.2</u>	5.7	27.0	17.9
實驗六	63.9	93.4	29.5	53.8	59.4	5.6	34.0	23.9
實驗七	64.6	90.4	25.8	51.3	59.8	8.5	30.6	17.3
實驗八	65.6	88.6	23.0	52.5	58.3	5.8	30.3	17.2
日誌	1. 實驗時，由於屋內屋外見不到彼此，屋外量測人員只能透過聲音的變化來量測數值。遇有疑慮，在實驗參與人員的同意下進行重測，唯所測數值皆保留，取其平均。 2. 實驗一，屋內人員認為換了旋律後的實驗聲音仍不夠大聲，要求盡可能製造90分貝左右的音量，因而在同一實驗中彈了兩次旋律，因此有兩個屋內數值。 3. 實驗三和實驗五，理由實驗一，但屋外人員同步重測兩次數值。							

表格5：
第五回：2021/10/27 19:30-20:00 晴時多雲

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	66.7			52.3				
實驗一	66.1	90.6	24.5	57.2	64.7	7.5	25.9	17.0
實驗二	<u>61.5</u>	<u>89.3</u>	27.8	<u>57.2</u>	<u>64.4</u>	7.2	25.0	20.6
實驗三	63.7	88.8	25.1	55.2	69.0	13.8	19.8	11.3
實驗四	69.5	94.3	24.8	58.2	68.9	10.7	25.4	14.1
實驗五	<u>64.4</u>	<u>87.5</u>	23.1	55.7	65.0	9.3	22.5	13.8
實驗六	63.0	87.5	24.5	53.5	68.6	15.1	18.9	9.4
實驗七	64.5	87.1	22.6	54.9	67.7	12.8	19.4	9.8
實驗八	<u>65.4</u>	<u>89.1</u>	23.7	54.3	64.9	10.6	24.2	13.1
日誌	1. 實驗二，屋外人員表示希望在關上門後能間隔五秒後再開始實驗，並拉長實驗聲音時間，以確保有足夠時間進行量測。故重測數值。 2. 實驗五，屋內人員認為實驗聲音偏小（87.1），與前兩次（90以上）有落差，因而在同一實驗中彈了兩次旋律，因此有兩個屋內數值。 3. 實驗八，量測時室內有其他聲響，不確定是否會影響數值，故在同一實驗中再彈一次旋律，因此有兩個屋內數值。							

表格6：
第六回：2021/10/28 19:30-20:00 晴時多雲

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	63.2			52.0				
實驗一	69.5	90.9	21.4	51.4	66.8	15.4	24.1	6.0
實驗二	65.5	93.3	27.8	51.5	66.7	15.2	26.6	12.6
實驗三	67.0	91.9	24.9	54.8	67.4	12.6	24.5	12.3
實驗四	60.7	92.1	31.4	54.3	68.6	14.3	23.5	17.1
實驗五	63.4	90.4	27.0	52.3	68.0	15.7	22.4	11.3
實驗六	63.7	93.2	29.5	51.9	67.8	15.9	25.4	13.6
實驗七	<u>64.3</u>	<u>92.2</u>	28.0	<u>53.3</u>	<u>64.0</u>	10.7	28.2	17.3
實驗八	64.6	93.9	29.3	52.1	64.4	12.3	29.5	17.0
日誌	1. 實驗七，開門時發現膠條前段脫落，故重測數值。							

表格7：
第七回：2021/10/29 19:30-20:00 陰

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	64.7			52.3				
實驗一	67.0	88.7	21.7	52.3	68.6	16.3	20.1	5.4
實驗二	66.0	88.6	22.6	52.5	66.8	14.3	21.8	8.3
實驗三	66.5	89.2	22.7	53.3	69.2	15.9	20.0	6.8
實驗四	64.4	88.9	24.5	52.1	69.7	17.6	19.2	6.9
實驗五	60.0	87.0	27.0	51.8	66.7	14.9	20.3	12.1
實驗六	66.7	88.1	21.4	53.8	68.2	14.4	19.9	7.0
實驗七	66.6	90.2	23.6	54.4	68.7	14.3	21.5	9.3
實驗八	63.5	88.9	25.4	51.7	67.0	15.3	21.9	10.1
日誌	1. 屋外人員忘了量測初始背景值，以實驗一的實驗前數值代替，故將數值以斜體表示。							

表格8：
第八回：2021/10/30 16:00-16:30 陰

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	61.0			55.8				
實驗一	62.3	87.1	24.8	55.8	68.7	12.9	18.4	11.9
實驗二	65.0	86.6	21.6	52.8	67.1	14.3	19.5	7.3
實驗三	64.2	87.6	23.4	55.6	70.2	14.6	17.4	8.8
實驗四	65.0	88.1	23.1	52.2	66.8	14.6	21.3	8.5
實驗五	64.7	86.8	22.1	55.7	69.9	14.2	16.9	7.9
實驗六	65.6	88.0	22.4	54.9	66.3	11.4	21.7	11.0
實驗七	64.2	88.0	23.8	52.3	62.2	9.9	25.8	13.9
實驗八	64.9	87.7	22.8	54.4	65.8	11.4	21.9	11.4
日誌	1. 接連幾日沒有下雨，在實驗時發現，在沒有下雨時，屋外的背景環境值（欄位C）多半落在 51~55，相較於下雨時（第一回~第三回），實驗前的數值落 63 以上。 2. 屋內實驗前的背景值（欄位A）卻差異不大，數值約在 60~69。 3. 屋外人員忘了量測初始背景值，以實驗一的實驗前數值代替，故將數值以斜體表示。							

表格9：
第九回：2021/10/31 19:30-20:00 晴時多雲

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	67.8			56.4				
實驗一	67.5	87.6	20.1	56.1	67.4	11.3	20.2	8.8
實驗二	67.0	88.6	21.6	55.8	65.6	9.8	23.0	11.8
實驗三	67.3	88.7	21.4	54.3	67.1	12.8	21.6	8.6
實驗四	65.5	88.8	23.3	54.5	68.2	13.7	20.6	9.6
實驗五	69.4	89.4	20.0	54.8	66.9	12.1	22.5	7.9
實驗六	67.4	89.5	22.1	54.8	67.2	12.4	22.3	9.7
實驗七	64.6	88.5	23.9	52.7	68.7	16.0	19.8	7.9
實驗八	64.4	88.4	24.0	53.3	65.8	12.5	22.6	11.5
日誌	1. 經過多日實驗，熟能生巧，實驗人員對於自己負責的內容越來越上手，流程順暢許多。							

表格10：
第十回：2021/11/1 19:30-20:00 晴

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	64.9			53.3				
實驗一	68.9	86.8	17.9	53.3	68.2	14.9	18.6	3.0
實驗二	65.2	88.4	23.2	54.1	67.7	13.6	20.7	9.6
實驗三	66.6	86.8	20.2	53.8	68.2	14.4	18.6	5.8
實驗四	65.8	88.9	23.1	54.3	71.6	17.3	17.3	5.8
實驗五	66.3	89.9	23.6	52.7	66.5	13.8	23.4	9.8
實驗六	65.3	90.0	24.7	53.8	69.0	15.2	21.0	9.5
實驗七	65.8	89.0	23.2	52.5	70.2	17.7	18.8	5.5
實驗八	68.2	89.8	21.6	52.3	67.0	14.7	22.8	6.9
日誌	1. 屋外人員忘了量測初始背景值，以實驗一的實驗前數值代替，故將數值以斜體表示。							

表格11：
第十一回：2021/11/2 20:00-20:30 晴時多雲

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	65.3			<i>51.1</i>				
實驗一	65.5	89.2	23.7	51.1	66.6	15.5	22.6	8.2
實驗二	67.6	88.9	21.3	52.7	64.6	11.9	24.3	9.4
實驗三	65.9	88.1	22.2	51.2	66.8	15.6	21.3	6.6
實驗四	<u>65.7</u>	<u>89.1</u>	23.5	50.8	68.2	17.4	20.9	6.1
實驗五	68.4	89.6	21.2	50.6	64.5	13.9	25.1	7.3
實驗六	64.4	89.2	24.8	51.7	64.7	13.0	24.5	11.8
實驗七	64.4	88.5	24.1	50.3	65.8	15.5	22.7	8.6
實驗八	65.5	89.7	24.2	52.5	65.2	12.7	24.5	11.5
日誌	1. 屋外人員又忘了量測初始背景值，以實驗一的實驗前數值代替，故將數值以斜體表示。							

表格12：
第十二回：2021/11/3 19:40-20:00 晴時多雲

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	50.4			52.6				
實驗一	64.0	87.9	23.9	52.6	67.9	15.3	20.0	8.6
實驗二	64.3	88.9	24.6	52.7	65.9	13.2	23.0	11.4
實驗三	66.8	87.3	20.5	51.3	68.2	16.9	19.1	3.6
實驗四	64.8	87.4	22.6	53.2	67.5	14.3	19.9	8.3
實驗五	63.6	89.4	25.8	51.9	66.8	14.9	22.6	10.9
實驗六	66.9	88.8	21.9	51.9	67.5	15.6	21.3	6.3
實驗七	62.3	87.4	25.1	52.1	67.8	15.7	19.6	9.4
實驗八	62.2	89.3	27.1	50.9	66.8	15.9	22.5	11.2
日誌	1. 屋外人員還是忘了量測初始背景值，以實驗一的實驗前數值代替，故將數值以斜體表示。							

表格13：
第十三回：2021/11/4 19:40-20:00 陰

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	61.5			51.4				
實驗一	63.9	89.9	26.0	51.4	66.7	15.3	23.2	10.7
實驗二	65.1	<u>91.2</u>	26.1	50.9	66.0	15.1	25.2	11.0
實驗三	65.2	88.4	23.2	51.9	67.2	15.3	21.2	7.9
實驗四	64.5	89.5	25.0	51.6	67.4	15.8	22.1	9.2
實驗五	63.8	89.8	26.0	51.4	65.8	14.4	24.0	11.6
實驗六	63.7	90.5	26.8	51.5	67.5	16.0	23.0	10.8
實驗七	63.0	92.6	29.6	51.4	66.7	15.3	25.9	14.3
實驗八	63.6	87.2	23.6	50.7	65.5	14.8	21.7	8.8
日誌	1. 屋外人員再度忘了量測初始背景值，以實驗一的實驗前數值代替，故將數值以斜體表示。我們疑惑地詢問爸爸為什麼總是忘記，才發現他認為沒有必要特地量測初始值，因為每次實驗前都會再量一次，我覺得似乎也有道理。但實驗流程既然有包含這個步驟，還是請爸爸下次要記得測量。 2. 實驗二，實驗時有其他聲音干擾，故在同一實驗中再彈一次旋律，因此有兩個屋內數值。							

表格14：
第十四回：2021/11/5 19:50-20:10 晴時多雲

	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後差異 G =B-D	屋內外 差異值差異 H =E-F
背景值	61.4			53.0				
實驗一	62.0	87.1	25.1	52.1	67.7	15.6	19.4	9.5
實驗二	65.0	87.4	22.4	52.4	66.4	14.0	21.0	8.4
實驗三	64.1	88.0	23.9	52.3	69.4	17.1	18.6	6.8
實驗四	63.7	87.8	24.1	51.2	68.4	17.2	19.4	6.9
實驗五	58.8	89.3	30.5	51.2	67.2	16.0	22.1	14.5
實驗六	64.5	88.4	23.9	53.8	69.2	15.4	19.2	8.5
實驗七	56.7	87.7	31.0	52.6	66.7	14.1	21.0	16.9
實驗八	57.8	87.7	29.9	52.9	67.9	15.0	19.8	14.9
日誌	1. 最後一次實驗，順利完成。							

二、實驗數據整理

(一) 比較十四回屋內及屋外的實驗前數值（欄位A及欄位C）

表格15：屋內實驗前（欄位A）及屋外實驗前（欄位C）

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均值
背景值	64.2	69.4	67.9	51.0	66.7	63.2	64.7	61.0	67.8	64.9	65.3	50.4	61.5	61.4	62.81
實驗一	58.1	65.7	67.9	65.0	66.1	69.5	67.0	62.3	67.5	68.9	65.5	64.0	63.9	62.0	65.24
實驗二	67.1	64.4	69.2	64.4	<u>61.5</u>	65.5	66.0	65.0	67.0	65.2	67.6	64.3	65.1	65.0	65.52
實驗三	63.6	64.4	70.8	<u>66.1</u>	63.7	67.0	66.5	64.2	67.3	66.6	65.9	66.8	65.2	64.1	65.87
實驗四	67.8	67.2	65.1	65.6	69.5	60.7	64.4	65.0	65.5	65.8	<u>65.7</u>	64.8	64.5	63.7	65.38
實驗五	62.2	67.7	65.7	<u>65.7</u>	64.4	63.4	60.0	64.7	69.4	66.3	68.4	63.6	63.8	58.8	64.58
實驗六	63.3	66.1	64.7	63.9	63.0	63.7	66.7	65.6	67.4	65.3	64.4	66.9	63.7	64.5	64.94
實驗七	65.9	62.1	66.4	64.6	64.5	<u>64.3</u>	66.6	64.2	64.6	65.8	64.4	62.3	63.0	56.7	63.95
實驗八	61.1	68.5	70.1	65.6	65.4	64.6	63.5	64.9	64.4	68.2	65.5	62.2	63.6	57.8	64.67
平均值	63.7	66.2	67.5	63.5	65.0	64.7	65.0	64.1	66.8	66.3	65.9	62.8	63.8	61.6	64.77
天氣	雨	雨	雨	晴	晴	晴	陰	陰	晴	晴	晴	晴	陰	晴	
C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均值
背景值	66.6	69.8	65.8	51.2	52.3	52.0	52.3	55.8	56.4	53.3	<u>51.1</u>	52.6	<u>51.4</u>	53.0	55.97
實驗一	66.2	68.0	65.8	59.0	57.2	51.4	52.3	55.8	56.1	53.3	51.1	52.6	51.4	52.1	56.59
實驗二	64.5	66.7	65.2	52.4	<u>57.2</u>	51.5	52.5	52.8	55.8	54.1	52.7	52.7	50.9	52.4	55.81
實驗三	64.4	66.1	64.1	<u>54.7</u>	55.2	54.8	53.3	55.6	54.3	53.8	51.2	51.3	51.9	52.3	55.93
實驗四	66.1	67.5	65.1	53.5	58.2	54.3	52.1	52.2	54.5	54.3	50.8	53.2	51.6	51.2	56.04
實驗五	63.4	68.7	64.8	<u>56.6</u>	55.7	52.3	51.8	55.7	54.8	52.7	50.6	51.9	51.4	51.2	55.83
實驗六	63.9	64.9	65.8	53.8	53.5	51.9	53.8	54.9	54.8	53.8	51.7	51.9	51.5	53.8	55.71
實驗七	64.0	70.0	64.8	51.3	54.9	<u>53.3</u>	54.4	52.3	52.7	52.5	50.3	52.1	51.4	52.6	55.47
實驗八	63.6	64.7	64.8	52.5	54.3	52.1	51.7	54.4	53.3	52.3	52.5	50.9	50.7	52.9	55.05
平均值	64.7	67.4	65.1	53.9	55.4	52.6	52.7	54.4	54.7	53.3	51.3	52.1	51.4	52.4	55.82

表格16：雨天非雨天時屋內雨屋外實驗前數值平均值

	雨天平均	非雨天平均
屋內實驗前（欄位A）數值	65.8	64.5
屋外實驗前（欄位C）數值	65.8	53.1

1. 屋內實驗前數值（欄位A）代表屋內的背景值，根據實驗結果整理成表格15發現，屋內背景值在不同天氣狀態下，差異並不顯著。十四回平均值為 64.77，每回實驗會進行 8 次以上的背景值量測，每回平均值落在 61.6 ~ 67.5。根據表格 16，雨天平均為 65.8，非雨天平均為 64.5，差異不明顯。

2. 屋外實驗前數值（欄位C）代表屋外的背景值，根據實驗結果整理成表格 15 發現，屋內背景值在不同天氣狀態下，數值有差異。十四回平均值為 55.82，每回實驗會進行 8 次以上的背景值量測，每回平均值落在 51.4 ~ 67.4。根據表格 16，雨天平均為 65.8，非雨天平均為 53.1，兩者有明顯差異，屋外的實驗前數值在雨天時較大。

（二）比較十四回屋外實驗後的數值（欄位D）

欄位D的意義：屋內產生噪音時，屋外測得的最大值。這個數值也代表著「鄰居所聽見的聲音」，表格呈現背景值、實驗一至實驗八的十四回實驗結果以及平均值。

表格17：屋外實驗後數值（欄位D）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均值	
背景值	66.6	69.8	65.8	51.2	52.3	52.0	52.3	55.8	56.4	53.3	51.1	52.6	51.4	53.0	55.97	
實驗一	67.8	69.0	69.8	65.0	64.7	66.8	68.6	68.7	67.4	68.2	66.6	67.9	66.7	67.7	67.49	6
實驗二	66.8	67.7	64.8	58.6	<u>64.4</u>	66.7	66.8	67.1	65.6	67.7	64.6	65.9	66.0	66.4	65.65	1
實驗三	70.3	68.0	69.2	<u>62.6</u>	69.0	67.4	69.2	70.2	67.1	68.2	66.8	68.2	67.2	69.4	68.05	7
實驗四	72.2	66.8	68.3	61.8	68.9	68.6	69.7	66.8	68.2	71.6	68.2	67.5	67.4	68.4	68.17	8
實驗五	64.9	69.7	68.2	<u>62.2</u>	65.0	68.0	66.7	69.9	66.9	66.5	64.5	66.8	65.8	67.2	66.59	3
實驗六	69.4	66.8	67.8	59.4	68.6	67.8	68.2	66.3	67.2	69.0	64.7	67.5	67.5	69.2	67.10	5
實驗七	70.8	67.7	67.4	59.8	67.7	<u>64.0</u>	68.7	62.2	68.7	70.2	65.8	67.8	66.7	66.7	66.73	4
實驗八	68.6	66.2	67.3	58.3	64.9	64.4	67.0	65.8	65.8	67.0	65.2	66.8	65.5	67.9	65.76	2

1. 欄位D的數值代表著「鄰居所聽見的聲音」，因此數值越小，代表隔音效果越好。根據實驗結果，依照十四回實驗的平均值判斷，效果最好至最差依序如下：

- (1) 實驗二（65.65）：關窗戶並測量屋內外的音量
- (2) 實驗八（65.76）：使用隔音棉加隔音膠條並關窗戶，測量屋內外的音量
- (3) 實驗五（66.59）：關窗戶加隔音棉並測量屋內外的音量
- (4) 實驗七（66.73）：使用隔音膠條加關窗戶並測量屋內外的音量
- (5) 實驗六（67.10）：使用隔音棉加隔音膠條並測量屋內外的音量
- (6) 實驗一（67.49）：無隔音措施
- (7) 實驗三（68.05）：使用隔音棉並測量屋內外的音量
- (8) 實驗四（68.17）：使用隔音膠條並測量屋內外的音量

2. 「關窗戶」的隔音效果最好，且隔音效果最好的前三名措施都有包含「關窗戶」。
3. 「無隔音措施」比「單獨使用隔音棉」和「單獨使用隔音膠條」都來得好。
4. 比較使用單一隔音措施時的效果，關窗戶（65.65）> 隔音棉（68.05）> 隔音膠條（68.17）。
5. 比較使用兩種隔音措施時的效果，關窗戶+隔音棉（66.59）> 關窗戶+隔音膠條（66.73）> 隔音棉+隔音膠條（67.10）。
6. 實驗八，「關窗戶」、「隔音棉」和「隔音膠條」三種隔音措施全數使用時的效果並不是最好的，其效果比實驗二單獨使用「關窗戶」還要差。
7. 觀察欄位D發現，每一次實驗的數值大多落在 70 分貝以下，在總共 112 次量測中，只有 6 次量測的最大值超過 70 分貝，最大數值為 72.2 分貝。我在《康軒學習雜誌》中讀到，聲音若達到 70 分貝以上，就會讓人感覺不舒服，而讓人感到不舒服的聲音就可以算是噪音。因此，即使我們在屋內製造了 80 分貝，甚至超過 90 分貝的聲音，在屋外所量測的數值，卻大多尚未達到噪音程度。

（三）比較十四回屋內屋外實驗後的數值（欄位G）

欄位G的意義：在產生噪音時，屋內最大值和屋外最大值的差異。這個數值也代表著「練琴所產生的聲音和鄰居所聽見的聲音的差異」，表格呈現實驗一至實驗八的十四回實驗結果以及平均值。

表格18：屋內外實驗後差異（欄位G）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均值	
實驗一	10.0	17.3	17.2	24.7	25.9	24.1	20.1	18.4	20.2	18.6	22.6	20.0	23.2	19.4	20.12	6
實驗二	16.4	19.0	25.3	35.3	25.0	26.6	21.8	19.5	23.0	20.7	24.3	23.0	25.2	21.0	23.29	1
實驗三	11.8	11.2	21.5	26.9	19.8	24.5	20.0	17.4	21.6	18.6	21.3	19.1	21.2	18.6	19.53	8
實驗四	8.9	14.0	20.7	26.9	25.4	23.5	19.2	21.3	20.6	17.3	20.9	19.9	22.1	19.4	20.01	7
實驗五	15.0	11.0	23.0	27.0	22.5	22.4	20.3	16.9	22.5	23.4	25.1	22.6	24.0	22.1	21.27	5
實驗六	13.8	12.6	20.6	34.0	18.9	25.4	19.9	21.7	22.3	21.0	24.5	21.3	23.0	19.2	21.30	4
實驗七	11.8	18.5	24.3	30.6	19.4	28.2	21.5	25.8	19.8	18.8	22.7	19.6	25.9	21.0	21.99	3
實驗八	12.8	14.7	22.9	30.3	24.2	29.5	21.9	21.9	22.6	22.8	24.5	22.5	21.7	19.8	22.29	2

1. 欄位G的數值代表著「在屋內產生的聲音和鄰居所聽見的聲音的差異」，因此數值越大，代表屋內所產生的聲音比屋外所聽見的聲音差異程度越大，也就是隔音效果越好。根據實驗結果，依照十四回實驗的平均值判斷，效果最好至最差依序如下：

- (1) 實驗二（23.29）：關窗戶並測量屋內外的音量
- (2) 實驗八（22.29）：使用隔音棉加隔音膠條並關窗戶，測量屋內外的音量
- (3) 實驗七（21.99）：使用隔音膠條加關窗戶並測量屋內外的音量
- (4) 實驗六（21.30）：使用隔音棉加隔音膠條並測量屋內外的音量
- (5) 實驗五（21.27）：關窗戶加隔音棉並測量屋內外的音量
- (6) 實驗一（20.12）：無隔音措施
- (7) 實驗四（20.01）：使用隔音膠條並測量屋內外的音量
- (8) 實驗三（19.53）：使用隔音棉並測量屋內外的音量

2. 「關窗戶」的隔音效果最好，且隔音效果最好的前三名措施都有包含「關窗戶」。

3. 「無隔音措施」比「單獨使用隔音棉」和「單獨使用隔音膠條」都來得好。

4. 比較使用單一隔音措施時的效果，關窗戶（23.29）> 隔音膠條（20.01）> 隔音棉（19.53）。

5. 比較使用兩種隔音措施時的效果，關窗戶+隔音膠條（21.99）> 隔音棉+隔音膠條（21.30）> 關窗戶+隔音棉（21.27）。

6. 實驗八，「關窗戶」、「隔音棉」和「隔音膠條」三種隔音措施全數使用時的效果並不是最好的，其效果比實驗二單獨使用「關窗戶」差。

（四）比較十四回屋內屋外實驗前後差異值的差異（欄位H）

欄位H的意義：產生噪音前後的屋內差異值與屋外差異值比較，比較「屋內在產生噪音前後的差異」與「屋外在產生噪音前後的差異」。這個數值也代表著「練琴前後，在屋內所感受的聲音差異和鄰居所聽見的聲音差異，這兩者的差異」，表格呈現實驗一至實驗八的十四回實驗結果以及平均值。

1. 欄位H的數值代表著「產生噪音前後，在屋內所感受的聲音差異和鄰居所聽見的聲音差異，這兩者的差異」，因此數值越大，代表屋內所感受的聲音差異比屋外所聽見的聲音差異來得大，差異程度越大，數值越大，也就是隔音效果越好。根據實驗結果，效果最好至最差依序如下：

- (1) 實驗二（13.58）：關窗戶並測量屋內外的音量
- (2) 實驗七（13.51）：使用隔音膠條加關窗戶並測量屋內外的音量
- (3) 實驗八（12.66）：使用隔音棉加隔音膠條並關窗戶，測量屋內外的音量
- (4) 實驗五（12.51）：關窗戶加隔音棉並測量屋內外的音量
- (5) 實驗六（12.07）：使用隔音棉加隔音膠條並測量屋內外的音量
- (6) 實驗一（11.47）：無隔音措施
- (7) 實驗四（10.68）：使用隔音膠條並測量屋內外的音量
- (8) 實驗三（9.59）：使用隔音棉並測量屋內外的音量

2. 「關窗戶」的隔音效果最好，且隔音效果最好的前三名措施都有包含「關窗戶」。

3. 「無隔音措施」比「單獨使用隔音棉」和「單獨使用隔音膠條」都來得好。

4. 比較使用單一隔音措施時的效果，關窗戶（13.58）> 隔音膠條（10.68）> 隔音棉（9.59）。

5. 比較使用兩種隔音措施時的效果，關窗戶+隔音膠條（13.51）> 關窗戶+隔音棉（12.51）> 隔音棉+隔音膠條（12.07）。

6. 實驗八，「關窗戶」、「隔音棉」和「隔音膠條」三種隔音措施全數使用時的效果並不是最好的，其效果比實驗二單獨使用「關窗戶」差，也比實驗七「關窗戶+隔音膠條」差。

表格19：屋內屋外實驗前後的差異（欄位H）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均值	
實驗一	18.1	19.6	15.1	18.7	17.0	6.0	5.4	11.9	8.8	3.0	8.2	8.6	10.7	9.5	11.47	6
實驗二	13.8	21.3	21.3	23.3	20.6	12.6	8.3	7.3	11.8	9.6	9.4	11.4	11.0	8.4	13.58	1
實驗三	12.6	12.9	14.8	15.5	11.3	12.3	6.8	8.8	8.6	5.8	6.6	3.6	7.9	6.8	9.59	8
實驗四	7.2	14.3	20.7	14.8	14.1	17.1	6.9	8.5	9.6	5.8	6.1	8.3	9.2	6.9	10.68	7
實驗五	16.2	12.0	22.1	17.9	13.8	11.3	12.1	7.9	7.9	9.8	7.3	10.9	11.6	14.5	12.51	4
實驗六	14.4	11.4	21.7	23.9	9.4	13.6	7.0	11.0	9.7	9.5	11.8	6.3	10.8	8.5	12.07	5
實驗七	9.9	26.4	22.7	17.3	9.8	17.3	9.3	13.9	7.9	5.5	8.6	9.4	14.3	16.9	13.51	2
實驗八	15.3	10.9	17.6	17.2	13.1	17.0	10.1	11.4	11.5	6.9	11.5	11.2	8.8	14.9	12.66	3

(伍) 比較十四回屋內屋外實驗前後差異值（欄位E、欄位F）

表格20：屋內實驗前後差異（屋內欄位E）及屋外實驗前後差異（欄位F）

E	1	2	3	雨天 平均	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	非雨 平均	平均 值
天氣	雨	雨	雨	雨天	晴	晴	晴	陰	陰	晴	晴	晴	晴	陰	晴	非雨	
實驗一	19.7	20.6	19.1	19.80	24.7	24.5	21.4	21.7	24.8	20.1	17.9	23.7	23.9	26.0	25.1	23.07	22.37
實驗二	16.1	22.3	20.9	19.77	29.5	27.8	27.8	22.6	21.6	21.6	23.2	21.3	24.6	26.1	22.4	24.41	23.41
實驗三	18.5	14.8	19.9	17.73	23.3	25.1	24.9	22.7	23.4	21.4	20.2	22.2	20.5	23.2	23.9	22.80	21.71
實驗四	13.3	13.6	23.9	16.93	23.1	24.8	31.4	24.5	23.1	23.3	23.1	23.5	22.6	25.0	24.1	24.40	22.80
實驗五	17.7	13.0	25.5	18.73	23.5	23.1	27.0	27.0	22.1	20.0	23.6	21.2	25.8	26.0	30.5	24.52	23.28
實驗六	19.9	13.3	23.7	18.97	29.5	24.5	29.5	21.4	22.4	22.1	24.7	24.8	21.9	26.8	23.9	24.68	23.46
實驗七	16.7	24.1	25.3	22.02	25.8	22.6	28.0	23.6	23.8	23.9	23.2	24.1	25.1	29.6	31.0	25.51	24.76
實驗八	20.3	12.4	20.1	17.60	23.0	23.7	29.3	25.4	22.8	24.0	21.6	24.2	27.1	23.6	29.9	24.96	23.38
F	1	2	3	雨天 平均	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	非雨 平均	平均 值
實驗一	1.6	1.0	4.0	2.20	6.0	7.5	15.4	16.3	12.9	11.3	14.9	15.5	15.3	15.3	15.6	13.27	10.90
實驗二	2.3	1.0	-0.4	0.97	6.2	7.2	15.2	14.3	14.3	9.8	13.6	11.9	13.2	13.2	14.0	12.08	9.70
實驗三	5.9	1.9	5.1	4.30	7.9	13.8	12.6	15.9	14.6	12.8	14.4	15.6	16.9	16.9	17.1	14.40	12.24
實驗四	6.1	-0.7	3.2	2.87	8.3	10.7	14.3	17.6	14.6	13.7	17.3	17.4	14.3	14.3	17.2	14.52	12.02
實驗五	1.5	1.0	3.4	1.97	5.7	9.3	15.7	14.9	14.2	12.1	13.8	13.9	14.9	14.9	16.0	13.21	10.80
實驗六	5.5	1.9	2.0	3.13	5.6	15.1	15.9	14.4	11.4	12.4	15.2	13.0	15.6	15.6	15.4	13.60	11.36
實驗七	6.8	-2.3	2.6	2.37	8.5	12.8	10.7	14.3	9.9	16.0	17.7	15.5	15.7	15.7	14.1	13.72	11.29
實驗八	5.0	1.5	2.6	3.02	5.8	10.6	12.3	15.3	11.4	12.5	14.7	12.7	15.9	15.9	15.0	12.92	10.80

1. 雨天時，屋外實驗前後差異值（欄位F）數值小，平均數值落在 0.97 ~ 4.30。
2. 非雨天時，例如：晴天、晴時多雲、陰天時，屋外實驗前後差異值（欄位F）數值比較大，平均數值落在 12.08 ~ 14.52。

伍、討論

一、不同天氣下的背景值

根據表格15，屋內的實驗前數值（欄位A）平均值，在下雨時是 65.8，在非下雨時是 64.5，不同天氣下的屋內背景值差異不大。然而，屋外的實驗前數值平均值，在下雨時是 65.8，在非下雨時是 53.1，不同天氣下的屋外背景值差異相對明顯，在雨天時數值較大。我覺得是因為屋內的背景值大於此次實驗期間的下雨聲。若是雷陣雨或豪大雨，推測室內實驗前的背景值就會較原有數值高。

二、用來判斷隔音措施成效的三個數值

根據表格17、表格18、表格19的結果，以 1. 比較屋外實驗後的數值（欄位D）、2. 比較屋內屋外實驗後的數值（欄位G）、3. 比較屋內屋外實驗前後差異值的差異（欄位H），這三種數值來判斷隔音措施的成效。第一種，屋外實驗後的數值，欄位D，數值越小代表隔音效果越好；第二種，屋內屋外實驗後的數值，欄位G，差異越大代表隔音效果越好；第三種，實驗前後，屋內屋外差異值的差異，欄位H，差異越大代表隔音效果越好。

三、比較單一隔音措施

（一）根據表格17、表格18、表格19的結果，比較單一隔音措施時，

1. 表格17：比較欄位D屋外實驗後數值（越小效果越好，依效果排序）：
關窗戶（65.65）> 隔音棉（68.05）> 隔音膠條（68.17）
2. 表格18：比較欄位G屋內屋外實驗後數值（越大效果越好，依效果排序）：
關窗戶（23.29）> 隔音膠條（20.01）> 隔音棉（19.53）
3. 表格19：比較欄位H實驗前後屋內屋外差異值的差異（越大效果越好，依效果排序）：
關窗戶（13.58）> 隔音膠條（10.68）> 隔音棉（9.59）

（二）比較單一隔音措施時，

第一名都是關窗戶，但隔音膠條和隔音棉則互有勝負，無法透過此次實驗分出高下。推測原因是，我們家的窗戶是氣密窗，隔音效果良好，如果是普通窗戶，就不一定有此結果。

四、比較兩種隔音措施

（一）根據表格17、表格18、表格19的結果，比較兩種隔音措施時，

1. 表格17：比較欄位D屋外實驗後數值（越小效果越好，依效果排序）：
關窗戶+隔音棉（66.59）> 關窗戶+隔音膠條（66.73）> 隔音棉+隔音膠條（67.10）。
2. 表格18：比較欄位G屋內屋外實驗後數值（越大效果越好，依效果排序）：
關窗戶+隔音膠條（21.99）> 隔音棉+隔音膠條（21.30）> 關窗戶+隔音棉（21.27）。
3. 表格19：比較欄位H實驗前後屋內屋外差異值的差異（越大效果越好，依效果排序）：
關窗戶+隔音膠條（13.51）> 關窗戶+隔音棉（12.51）> 隔音棉+隔音膠條（12.07）。

（二）比較兩種隔音措施時，

第一名的組合都有關窗戶，但兩兩一組的搭配則沒有絕對突出的組合。合併單一隔音措施的結果，我的推測是「關窗戶」的效果明顯最好，但「隔音棉」和「隔音膠條」的隔音效果較小且兩者的差異不大。

五、比較所有隔音措施

(一) 根據表格17、表格18、表格19的結果，隔音效果最好的措施都是「關窗戶」，而且隔音效果最好的前三名措施都有包含「關窗戶」，所以「單獨使用關窗戶」是本實驗中最佳的隔音措施。

(二) 根據表格17、表格18、表格19的結果，「無隔音措施」比「單獨使用隔音棉」和「單獨使用隔音膠條」的效果都來得好。推測可能的原因是，家中大門的隔音效果已經比「單獨使用隔音棉」和「單獨使用隔音膠條」都來得好。

(三) 根據表格17、表格18、表格19的結果，「關窗戶」「隔音棉」和「隔音膠條」三種隔音措施全數使用時的效果並不是最好的，都比單獨使用「關窗戶」來得差。我覺得是因為「關窗戶」本身的效果大於「隔音棉」，也大於「隔音膠條」，因此，「隔音棉」和「隔音膠條」的加入，並不能使隔音效果更好。

六、天氣對噪音的影響

根據表格20，得知雨天時，屋外實驗前後差異值（欄位F）數值小，平均數值落在0.97 ~ 4.30，代表在屋外所聽見的下雨聲幾乎蓋過了彈鋼琴所產生的聲音。

七、第二次實驗的補充討論

(一) 與第一次實驗的異同

我利用寒假進行了第二次實驗，十回，噪音製造改以音響的最大音量來播放固定音樂片段，並加入濕度測量，取消隔音膠條的使用，其餘維持不變，來進行以下四個實驗：

1. 無隔音措施（實驗一）
2. 關窗戶並測量屋內外的音量（實驗二）
3. 關窗戶加隔音棉並測量屋內外的音量（實驗五）
4. 使用隔音棉並測量屋內外的音量（實驗三）

(二) 第二次實驗的收穫

1. 從實驗結果無法明確得出濕度和聲音值的關係。

2. 在原本的實驗中，下雨天因為背景值提高而導致噪音產生前後的差異變小，這和加入濕度想要導出的結論會有衝突，溼度比較高，理論上聲音傳播會比較快，但我既有的實驗設計中，並不適合用來找出濕度與聲音值的關係，太多影響變數沒有被控制，得出的結論就可能與濕度無關。如果想要討論濕度和聲音的關聯，我覺得可能要採用別的實驗設計。

3. 在第二次實驗中，有控制噪音的產生，用一致的聲音來做實驗。在這樣的條件下，也得到了和第一次實驗相同的結論。缺點是，收音機的最大聲竟然沒有我彈鋼琴來得大聲，沒辦法得到更顯著的數值。

(三) 第二次實驗數據

第2-1回：2022/1/21 10:30~10:45 雨

	屋內 濕度	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 濕度	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後 差異 G =B-D	屋內外 差異值 差異 H =E-F
實驗一	63	71.9	90.9	19.0	67	68.3	71.5	3.2	19.4	15.8
實驗二	63	72.0	91.2	19.2	69	67.9	69.5	1.6	21.7	17.6
實驗五	63	71.9	91.9	20.0	69	64.5	68.3	3.8	23.6	16.2
實驗三	63	73.0	90.1	17.1	69	66.1	68.6	2.5	21.5	14.6
平均 濕度	66									

第2-2回：2022/1/22 13:40~14:00 雨

	屋內 濕度	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 濕度	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後 差異 G =B-D	屋內外 差異值 差異 H =E-F
實驗一	60	72.3	90.8	18.5	64	63.6	71.3	7.7	19.5	10.8
實驗二	60	69.9	93.7	23.8	66	69.8	69.8	0.0	23.9	23.8
實驗五	61	70.0	90.1	20.1	66	68.8	69.9	1.1	20.2	19.0
實驗三	61	71.1	90.0	18.9	67	68.6	70.9	2.3	19.1	16.6
平均 濕度	63									

第2-3回：2022/1/23 10:30~10:45 陰

	屋內 濕度	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 濕度	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後 差異 G =B-D	屋內外 差異值 差異 H =E-F
實驗一	68	71.9	90.0	18.1	74	67.2	71.1	3.9	18.9	14.2
實驗二	68	72.3	90.0	17.7	75	64.4	68.9	4.5	21.1	13.2
實驗五	69	71.4	90.2	18.8	75	64.3	68.1	3.8	22.1	15.0
實驗三	71	72.4	90.4	18.0	75	65.8	71.1	5.3	19.3	12.7
平均 濕度	72									

第2-4回：2022/1/24 13:30~13:45 陰時有雨

	屋內 濕度	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 濕度	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後 差異 G =B-D	屋內外 差異值 差異 H =E-F
實驗一	62	68.4	90.0	21.6	64	67.3	69.6	2.3	20.4	19.3
實驗二	62	68.5	90.2	21.7	63	68.5	69.3	0.8	20.9	20.9
實驗五	63	68.5	90.1	21.6	66	66.5	69.4	2.9	20.7	18.7
實驗三	62	69.0	90.1	21.1	64	65.0	68.8	3.8	21.3	17.3
平均 濕度	63									

第2-5回：2022/1/25 13:00~13:15 陰

	屋內 濕度	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 濕度	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後 差異 G =B-D	屋內外 差異值 差異 H =E-F
實驗一	57	69.0	90.0	21.0	60	64.2	68.6	4.4	21.4	16.6
實驗二	57	68.0	90.7	22.7	60	64.5	67.4	2.9	23.3	19.8
實驗五	57	68.0	90.0	22.0	57	65.0	68.3	3.3	21.7	18.7
實驗三	57	68.5	90.5	22.0	58	63.7	69.1	5.4	21.4	16.6
平均 濕度	58									

第2-6回：2022/1/26 13:30~13:50 晴

	屋內 濕度	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 濕度	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後 差異 G =B-D	屋內外 差異值 差異 H =E-F
實驗一	67	68.3	90.2	21.9	67	59.3	66.6	7.3	23.6	14.6
實驗二	67	67.8	90.3	22.5	67	62.5	66.2	3.7	24.1	18.8
實驗五	66	67.5	90.0	22.5	68	63.8	66.2	2.4	23.8	20.1
實驗三	67	68.0	90.0	22.0	69	64.5	67.4	2.9	22.6	19.1
平均 濕度	67									

第2-7回：2022/1/27 13:15~13:30 晴

	屋內 濕度	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 濕度	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後 差異 G =B-D	屋內外 差異值 差異 H =E-F
實驗一	72	68.5	90.2	21.7	73	71.6	73.0	1.4	17.2	20.3
實驗二	70	66.9	90.0	23.1	77	68.3	69.5	1.2	20.5	21.9
實驗五	70	66.9	90.0	23.1	70	68.3	69.2	0.9	20.8	22.2
實驗三	70	68.0	90.1	22.1	67	68.9	71.0	2.1	19.1	20.0
平均 濕度	71									

第2-8回：2022/1/28 10:00~10:20 陰時有雨

	屋內 濕度	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 濕度	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後 差異 G =B-D	屋內外 差異值 差異 H =E-F
實驗一	70	65.9	90.0	24.1	71	70.2	70.7	0.5	19.3	23.6
實驗二	69	67.9	90.1	22.2	68	73.7	73.7	0.0	16.4	22.2
實驗五	66	66.9	90.2	23.3	67	73.8	73.8	0.0	16.4	23.3
實驗三	69	67.8	90.1	22.3	68	74.5	74.5	0.0	15.6	22.3
平均 濕度	69									

第2-9回：2022/1/29 09:50~10:00 雨

	屋內 濕度	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 濕度	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後 差異 G =B-D	屋內外 差異值 差異 H =E-F
實驗一	65	67.0	90.0	23.0	64	64.7	67.9	3.2	22.1	19.8
實驗二	64	66.8	90.7	23.9	68	64.9	67.9	3.0	22.8	20.9
實驗五	64	67.0	90.1	23.1	67	64.9	67.3	2.4	22.8	20.7
實驗三	65	67.4	90.0	22.6	65	64.8	68.8	4.0	21.2	18.6
平均 濕度	65									

第2-10回：2022/1/30 10:30~10:45 雨

	屋內 濕度	屋內 實驗前 A	屋內 實驗後 B	屋內 差異值 E =B-A	屋外 濕度	屋外 實驗前 C	屋外 實驗後 D	屋外 差異值 F =D-C	屋內外 實驗後 差異 G =B-D	屋內外 差異值 H =E-F
實驗一	57	66.7	90.1	23.4	61	70.5	70.0	-0.5	20.1	23.9
實驗二	57	66.4	90.1	23.7	60	72.0	71.8	-0.2	18.3	23.9
實驗五	58	66.6	90.2	23.6	60	73.2	73.9	0.7	16.3	22.9
實驗三	58	67.0	90.0	23.0	60	74.5	75.1	0.6	14.9	22.4
平均 濕度	59									

第二次實驗：屋內實驗前（欄位A）及屋外實驗前（欄位C）

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
實驗一	71.9	72.3	71.9	68.4	69.0	68.3	68.5	65.9	67.0	66.7	68.99
實驗二	72.0	69.9	72.3	68.5	68.0	67.8	66.9	67.9	66.8	66.4	68.65
實驗五	71.9	70.0	71.4	68.5	68.0	67.5	66.9	66.9	67.0	66.6	68.47
實驗三	73.0	71.1	72.4	69.0	68.5	68.0	68.0	67.8	67.4	67.0	69.22
平均值	72.2	70.8	72.0	68.6	68.4	67.9	67.6	67.1	67.1	66.7	68.83
天氣	雨	雨	陰	陰雨	陰	晴	晴	陰雨	雨	雨	
平均濕度	66	63	72	63	58	71	65	69	65	59	65
C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
實驗一	68.3	63.6	67.2	67.3	64.2	59.3	71.6	70.2	64.7	70.5	66.69
實驗二	67.9	69.8	64.4	68.5	64.5	62.5	68.3	73.7	64.9	72.0	67.65
實驗五	64.5	68.8	64.3	66.5	65.0	63.8	68.3	73.8	64.9	73.2	67.31
實驗三	66.1	68.6	65.8	65.0	63.7	64.5	68.9	74.5	64.8	74.5	67.64
平均值	66.7	67.7	65.4	66.8	64.4	62.5	69.3	73.1	64.8	72.6	67.32

第二次實驗：雨天非雨天時屋內雨屋外實驗前數值平均值

	雨天平均	非雨平均
屋內實驗前	68.7	69.0
屋外實驗前	68.6	65.4

第二次實驗：屋外實驗後（欄位D）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	排序
實驗一	71.5	71.3	71.1	69.6	68.6	66.6	73.0	70.7	67.9	70.0	70.03	3
實驗二	69.5	69.8	68.9	69.3	67.4	66.2	69.5	73.7	67.9	71.8	69.40	1
實驗五	68.3	69.9	68.1	69.4	68.3	66.2	69.2	73.8	67.3	73.9	69.44	2
實驗三	68.6	70.9	71.1	68.8	69.1	67.4	71.0	74.5	68.8	75.1	70.53	4
平均數值	69.5	70.5	69.8	69.3	68.4	66.6	70.7	73.2	68.0	72.7	69.85	
平均濕度	66	63	72	63	58	67	71	69	65	59	65	

第二次實驗：屋內外實驗後差異（欄位G）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	排序
實驗一	19.4	19.5	18.9	20.4	21.4	23.6	17.2	19.3	22.1	20.1	20.19	3
實驗二	21.7	23.9	21.1	20.9	23.3	24.1	20.5	16.4	22.8	18.3	21.30	1
實驗五	23.6	20.2	22.1	20.7	21.7	23.8	20.8	16.4	22.8	16.3	20.84	2
實驗三	21.5	19.1	19.3	21.3	21.4	22.6	19.1	15.6	21.2	14.9	19.60	4
平均數值	21.6	20.7	20.4	20.8	22.0	23.5	19.4	16.9	22.2	17.4	20.48	
平均濕度	66	63	72	63	58	67	71	69	65	59	65	

第二次實驗：屋內屋外實驗前後的差異（欄位H）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	排序
實驗一	15.8	10.8	14.2	19.3	16.6	14.6	20.3	23.6	19.8	23.9	17.89	4
實驗二	17.6	23.8	13.2	20.9	19.8	18.8	21.9	22.2	20.9	23.9	20.30	1
實驗五	16.2	19.0	15.0	18.7	18.7	20.1	22.2	23.3	20.7	22.9	19.68	2
實驗三	14.6	16.6	12.7	17.3	16.6	19.1	20.0	22.3	18.6	22.4	18.02	3
平均數值	16.1	17.6	13.8	19.1	17.9	18.2	21.1	22.9	20.0	23.3	18.97	
平均濕度	66	63	72	63	58	67	71	69	65	59	65	

第二次實驗：屋內實驗前後差異（屋內欄位E）及屋外實驗前後差異（欄位F）

E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	雨天	非雨天
天氣	雨	雨	陰	陰雨	陰	晴	晴	陰雨	雨	雨			
實驗一	19.0	18.5	18.1	21.6	21.0	21.9	21.7	24.1	23.0	23.4	21.23	21.60	20.68
實驗二	19.2	23.8	17.7	21.7	22.7	22.5	23.1	22.2	23.9	23.7	22.05	22.42	21.50
實驗五	20.0	20.1	18.8	21.6	22.0	22.5	23.1	23.3	23.1	23.6	21.81	21.95	21.60
實驗三	17.1	18.9	18.0	21.1	22.0	22.0	22.1	22.3	22.6	23.0	20.91	20.83	21.03
平均濕度	66	63	72	63	58	67	71	69	65	59	65	64	67
F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	雨天	非雨天
實驗一	3.2	7.7	3.9	2.3	4.4	7.3	1.4	0.5	3.2	-0.5	3.34	2.73	4.25
實驗二	1.6	0.0	4.5	0.8	2.9	3.7	1.2	0.0	3.0	-0.2	1.75	0.87	3.08
實驗五	3.8	1.1	3.8	2.9	3.3	2.4	0.9	0.0	2.4	0.7	2.13	1.82	2.60
實驗三	2.5	2.3	5.3	3.8	5.4	2.9	2.1	0.0	4.0	0.6	2.89	2.20	3.93

陸、結論

根據實驗結果，隔音效果最好的措施是「關窗戶」，而且使用方便，不需要額外購買材料或施工。

三種隔音措施皆使用，並非最佳的隔音措施，因為「關窗戶」本身的效果大於「隔音棉」，也大於「隔音膠條」，因此，「隔音棉」和「隔音膠條」的加入，並不能使隔音效果更好。

如果家中門窗的縫隙大，隔音效果差，才需要使用膠條來增加密閉性。

「無隔音措施」時的隔音效果還比使用「隔音棉」或使用「隔音膠條」的隔音效果來得好，推測是因為大門本身的隔音效果比使用「隔音棉」或使用「隔音膠條」好。

最適合彈奏音樂的天氣狀況是下雨天，因為雨聲會蓋過琴聲，所以鄰居聽到的音樂聲音也比較小。

因此，以目前居家條件，在一般正常練習情況下，甚至可以不用做任何隔音措施。因為在無隔音措施下，屋外實驗後的聲音最大值數值也沒有超過 70 分貝。若擔心吵到鄰居，或是彈奏比較澎湃激昂的樂曲時，就可以採取「關窗戶」這個最有效的隔音措施。

柒、參考文獻資料

BomBomStory（2020）。漫畫大英百科-光與聲音。台北市：三采文化。

王致凱（2021）。啊，好吵喔！康軒學習雜誌-初階版，第442期，13-20。

尼克·阿諾（2020）。神奇酷科學9-驚天動地談聲音。台北市：遠見天下文化。

市村均、學研PLUS（2018）。NEW全彩圖解觀念物理。新北市：小熊。