中華民國 第50 屆中小學科學展覽會作品說明書

國中組 生活與應用科學科

第二名

030809

點食成金--粗糠與常見材料的保溫、隔音及緩衝 效能之研究

學校名稱:彰化縣立陽明國民中學

作者:

指導老師:

國二 廖彩君蔡名國二 蕭宏濬蘇睿智

國二 蔣毓宸

國二 李承育

關鍵詞:粗糠、環保、廢物利用

摘要

本研究檢驗粗糠是否具保溫、隔音及緩衝能力,用各種材料包裹玻璃瓶,測試瓶中水溫降低的速率;設計無線控制的隔音實驗箱,測試材料在不同厚度下單獨成層、均勻混合及分層放置時的隔音效果;用電磁裝置自由釋放水球,藉由水球破裂判定材料緩衝能力。實驗顯示:一、粗糠保溫能力與棉花相近。二、粗糠粉隔音能力最好(-1.32dB/cm)。三、將兩種材料分層放置或均勻混合,可提升隔音能力。四、粗糠緩衝能力比海綿效果好。證實粗糠在保溫、隔音及緩衝方面表現優異,並利用粗糠創意製作(一)保溫:水壺保溫袋、鍋墊、杯墊、隔熱手套;(二)隔音:耳罩、隔音板;(三)緩衝:頸枕、睡枕、椅腳墊、鞋墊、椅墊、包裹填充物,使被廢棄的粗糠創造了極大的經濟價值。

壹、研究動機

粗糠在早期是毫無價值之物,只能當堆肥。但今日隨著能源危機、地球暖化等議題,廢物利用成了大學問,不值一毛的粗糠也成了黃金,要買還不見得有呢!聽長輩說,小時候的刨冰店用粗糠保持刨冰溫度、自然課程(二上5-4熱的傳播方式)中提到熱的不良導體可以保溫、(二上3-5多變的聲音)介質對響度變化的影響、傳統市場的雞蛋在容器底部鋪粗糠來緩衝保護蛋(三上2-2牛頓第二運動定律),故本組針對保溫、隔音和緩衝三個主題來研究,並利用粗糠開發出各種創意生活用品,讓這個被米飯拋棄的無名小卒更具經濟價值。

貳、研究目的

- 一、測試各種實驗材料的密度及空隙率。
- 二、探討組糠與各種常見材料的保溫效果。
 - (一)測試粗糠的保溫效果。
 - (二)比較各種常見材料的保溫效果。
 - (三)測試材料中空隙率對保溫效果的影響。
- 三、探討粗糠與各種常見材料的隔音效果。
 - (一)測試粗糠的隔音效果。
 - (二)比較各種常見材料的隔音效果。
 - (三)將隔音材料均勻混合,測試隔音效果。
 - (四)將隔音材料分層放置,測試隔音效果。
 - (五)測試材料中空隙率對隔音效果的影響。
- 四、探討粗糠與各種常見材料緩衝的效果。
 - (一)測試粗糠的緩衝效果。
 - (二)比較各種常見材料的緩衝效果。
 - (三)排出緩衝效果較好的材料,求出能緩衝的最大重量。
- 五、自行設計並製作粗糠之應用產品

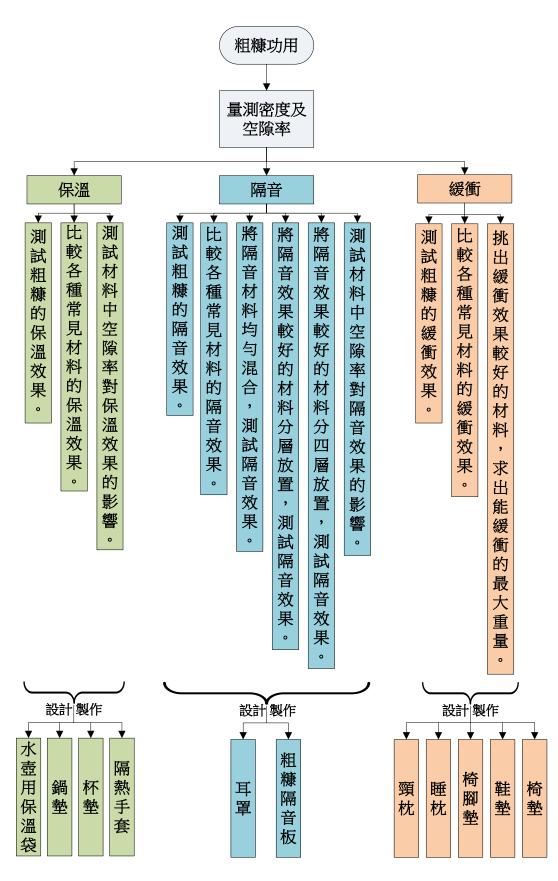


圖1實驗研究流程圖

參、研究設備及材料

一、材料及設備



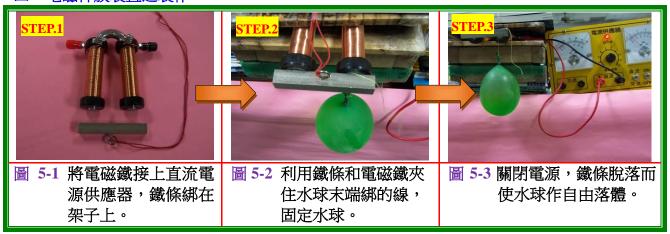
二、隔音實驗箱之製作



三、四層隔音實驗箱之製作



四、電磁釋放裝置之製作



肆、研究過程或方法

一、原理說明

(一) 保溫

- 1. 熱能由溫度高往溫度低的方向傳遞,方式有三種(1)傳導:經由介質本身直接傳熱
 - (2)對流:介質溫度改變,使密度變化,較熱且密度較小的介質往上移動,將熱帶走
 - (3)輻射:熱量以電磁波方式傳播,不須介質。
- 2. 熱水放在開放空間時,熱被空氣對流大量帶走,水溫下降最快。
- 3. 被保溫材料包裹時,空氣無法自由流動,對流效果不明顯,熱主要由傳導散出。
- 4. 保溫材料顆粒間有空隙時,可利用空氣的熱傳導性不佳,提升保溫效果。

(二) 隔音

- 1. 物質振動產生聲音。當介質(如空氣分子)有規律的振動,使周圍的空氣有疏密變 化,產生疏密相間的縱波,便是聲波。
- 2. 聲音傳到障礙物(不同介質)時,會產生三種現象:穿透、反射、被介質吸收。當介質振動時,會和周圍的介質或空氣分子摩擦,動能轉化為熱能,使聲波振幅變小,音量降低。
- 3. 聲音傳到障礙物(不同介質)時,由於各介質聲速不同而產生反射,因此穿透過的音量比原本音量環小。
- 4. 音量大小可由氣壓變化量(聲壓)表示,單位為帕(Pa, N/m² 牛頓/平方公尺)人耳可聽到的聲壓範圍很大,為了記錄與判讀方便,將音量大小以為 dB表示。

$$dB = 10 \times \log \left(\frac{P^2}{P_0^2}\right)$$
,**P** 為待定聲壓、 $P_0 = 2 \times 10^{-5} Pa$,為一般人可聽見的最小音量。

$$dB = 10 \times \log \left(\frac{xP^2}{P_0^2}\right) = 10 \times \log x + 10 \times \log \left(\frac{P^2}{P_0^2}\right)$$
。音量變為 x 倍,僅增加 $10 \times \log x$ dB

5. 音量相差 2 倍以内(<3dB),人耳不易判別出音量大小。達 7 倍(5dB)時,可以明顯分出哪個較大聲。

(三) 緩衝

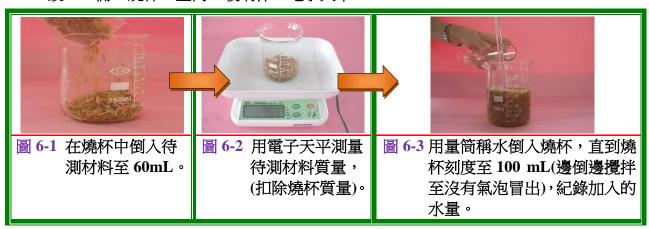
- 2. 物體由運動到靜止的期間,會受到和運動方向相反的加速度。減速時間 t 越長,單位時間的加速度值就越小,物體受力也越小,更不容易損壞。
- 3. 由上知容易壓縮、變形的緩衝材料,托著物體移動,可以延長減速時間。但現實中使用的緩衝層厚度有限,若是壓縮、變形能力太好,可能凹陷過頭,使物體直接撞到地面,反而失去緩衝的效果。

二、研究方法

(一) 測試各種實驗材料的密度及空隙率。

材 料:粗糠、粗糠粉、棉花、木屑、紅豆、綠豆。

設 備:燒杯、量筒、玻璃棒、電子天平。



密度指材料在絕對密實狀態下的單位體積質量。

密度
$$\rho = \frac{\text{質量}m}{\text{密實體積}V} = \frac{\text{質量(g)}}{100(\text{cm}^3) - \text{加入水量}x(\text{cm}^3)}, 單位 \frac{g}{\text{cm}^3}$$

堆積密度是指粉狀、顆粒狀及纖維狀材料在自然堆積狀態下的單位體積質量。

堆積密度
$$\rho_0' = \frac{$$
質量 $m}{$ 自然堆積體積 $V_0' = \frac{$ 質量(g)}{未排水體積(60cm³)}, 單位 $\frac{g}{cm}$ 3

空隙率是指顆粒或粉狀材料的堆積體積內,顆粒間空隙所佔的百分比。

空隙率
$$P' = \frac{$$
堆積體積 V_0' -密實體積 V' ×100% = $\frac{60 \text{cm}^3 - (100 \text{cm}^3 - \text{加入水量}x(\text{cm}^3))}{60 \text{cm}^3} \times 100\%$

- (二) 探討粗糠是否有保溫效果,並和其他可以保溫的物品作比較。
 - 1. 測試粗糠的保溫效果。

材 料:粗糠。

設 備:保鮮盒、玻璃瓶、橡皮塞、酒精溫度計。

控制變因:初溫(80.0℃)、環境溫度(在冷氣房中控制為 22.0℃)、保溫材料體積。

操縱變因:是否填充保溫材料(粗糠)。

應變變因:水溫下降速度。



2. 比較各種常見材料的保溫效果。

材 料:粗糠、粗糠粉、棉花、木屑、綠豆、紅豆、爆米花。

設 備:保鮮盒、玻璃瓶、橡皮塞、酒精溫度計。

控制變因:初溫(80.0℃)、環境溫度(22.0℃)、保溫材料體積。

操縱變因:保溫材料。(1.粗糠 2.粗糠粉 3.棉花 4.木屑 5.綠豆 6.紅豆 7.爆米花)

應變變因:水溫下降速度。



圖 8 將玻璃瓶放入填入不同材料的保鮮盒中,每 15 分鐘記錄溫度變化。藉由觀察水溫下降趨勢來判斷材料的保溫效果。

3. 測試材料中空隙率對保溫效果的影響。

材 料:粗糠、棉花。

設 備:保鮮盒、玻璃瓶、橡皮塞、酒精溫度計。

控制變因:初溫(80.0℃)、環境溫度(22.0℃)、保溫材料體積。

操縱變因:保溫材料壓縮程度。(1. 粗糠 2. 棉花)

應變變因:水溫下降速度。

說明:使用排水法測得保鮮盒扣除玻璃瓶體積後容積為 1150 毫升,壓縮棉花(空隙率41.7%),應填入 368.0 公克棉花、壓縮粗糠(49.7%),應填入 460.0 公克粗糠。

4. 比較粗糠、粗糠粉和保麗龍的保冷效果

材 料:粗糠、粗糠粉。

段 備:電子秤、保鮮盒(大)、保鮮盒(小)。

控制變因:環境溫度(22.0℃)、冰塊初始質量(165.0克)。

操縱變因:保溫材料種類(粗糠、粗糠粉、空氣、保麗龍盒)。

應變變因:冰塊質量。



(三) 探討粗糠與各種常見材料的隔音效果。

1. 測試粗糠的隔音效果。

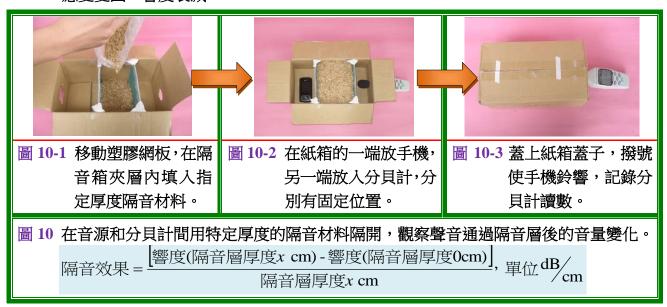
材 料:粗糠。

設 備:分貝計、吹風機、隔音實驗箱、手機。

控制變因:音源音量、隔音材料層厚度(0、2、4、6、8、10公分)。

操縱變因:隔音材料(粗糠)。

應變變因: 響度衰減。



2. 比較各種常見材料的隔音效果。

材 料:粗糠、粗糠粉、棉花、木屑、綠豆、爆米花、食鹽、粗保麗龍球、細保麗 龍球、鳳凰樹的葉子。

設 備:分貝計、吹風機、隔音實驗箱、手機。

控制變因:音源音量、隔音材料層厚度(0、2、4、6、8、10公分)。

操縱變因:隔音材料(1. 網糠 2. 網糠粉 3. 棉花 4. 木屑 5. 綠豆 6. 爆米花 7. 食鹽

8.粗保麗龍球 9.細保麗龍球 10.鳳凰樹的葉子)。

應變變因:響度衰減。

3. 將隔音效果較好的材料均勻混合(體積比 1:1),測試隔音效果。

材 料: 組織、組織粉、木屑、綠豆。

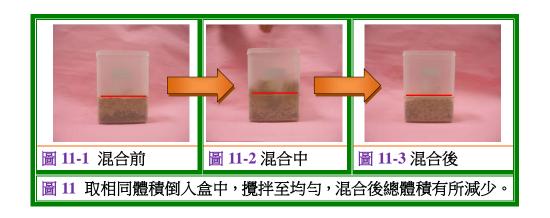
設 備:分貝計、吹風機、隔音實驗箱、手機。

控制變因:音源音量、隔音材料層厚度(0、2、4、6、8、10公分)。

操縱變因:隔音材料;取等體積均勻混合(1.綠豆+粗糠粉 2.粗糠+粗糠粉 3.粗糠粉+

木屑 4.綠豆+粗糠 5.木屑+粗糠)。

應變變因:響度衰減。



說明:在音源和分貝計間用混合的隔音材料隔開,觀察聲音通過隔音材料的音量變化。 混合方法,先將兩種材料倒入塑膠袋中,用手攪拌到均勻混合,再倒入隔音實驗箱夾層內。

4. 將隔音效果較好的材料分層放置,測試隔音效果。

材 料:粗糠、粗糠粉、木屑、綠豆。

設 備:分貝計、吹風機、隔音實驗箱、手機。

控制變因:音源音量、隔音材料層總厚度(0、2、4、6、

8、10公分)。

操縱變因:隔音材料;取等體積分層放置(1.綠豆和粗

糠粉 2. 粗糠和粗糠粉 3. 粗糠粉和木屑

4.綠豆和粗糠 5.木屑和粗糠)。

應變變因:響度衰減。



圖 12 用網板隔出體積 1:1 的 兩層,分別填入不同隔 音材料。

5. 將隔音效果較好的材料分四層放置,測試隔音效果。

材 料:粗糠、粗糠粉、木屑、綠豆。

設 備:分貝計、吹風機、隔音實驗箱、手機。

控制變因:音源音量、隔音材料層厚度(2 公分×4 層)

操縱變因:隔音層種類(2種材料交錯放置)

1. 粗糠/綠豆 2. 粗糠/粗糠粉 3. 粗糠/木屑

4.綠豆/粗糠粉 5.粗糠粉/木屑

應變變因: 響度衰減。



圖 13 使用 4 層網板(每層 2cm),分別填入隔音材 料。

6. 測試材料中空隙量對隔音效果的影響。

材 料:粗糠、棉花。

設 備:分貝計、吹風機、隔音實驗箱、手機。

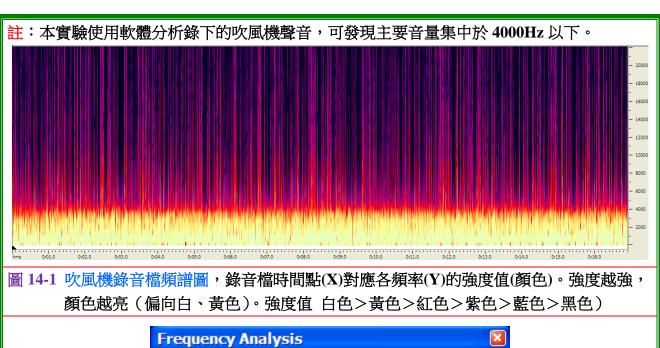
控制變因:音源音量、隔音材料層厚度(0、2、4、6、8、10公分)。

操縱變因:混合隔音材料種類(1.粗糠 2.棉花);取材料壓縮。

應變變因: 測得分貝數。

說明:隔音層厚度 $x ext{ cm}$,應填入 $M=p ext{ xV}$ (重量=密度x體積)公克之隔音材料。壓縮

棉花,應填 57.9x 公克棉花、壓縮粗糠應填 72x 公克。



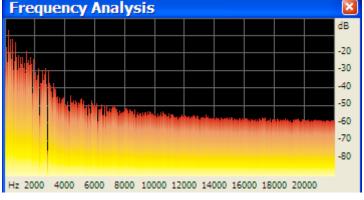


圖 14-2 吹風機錄音檔頻譜分析圖,此圖表示錄音檔各頻率(X)對應的強度分布(Y),顏色並無實際意義。所聽到的音量為所有頻率強度的疊加。

(四) 探討粗糠與各種常見材料的緩衝效果。

1. 測試粗糠的緩衝效果。

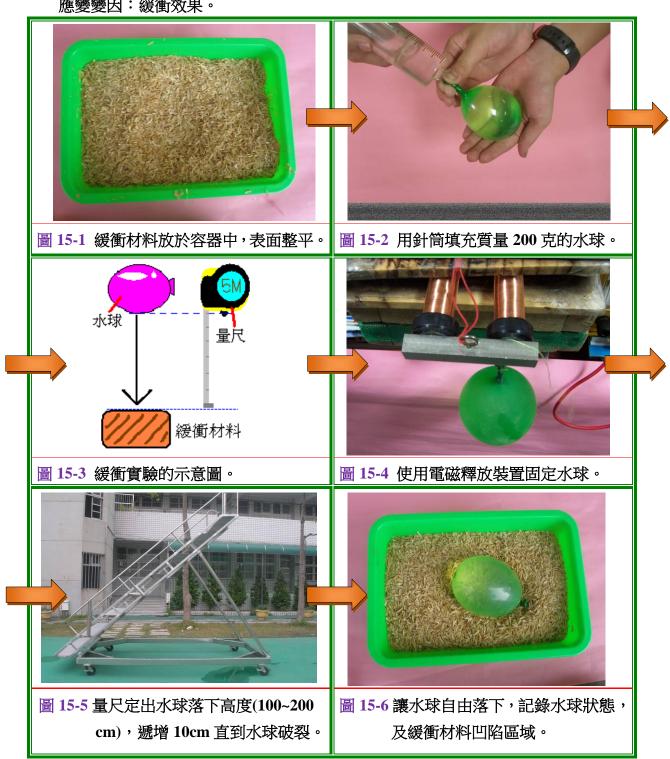
料:粗糠、水球。 材

設 備:量尺、電磁釋放裝置。

控制變因: 水球質量(200.0 公克)、水球落下高度(100~200 公分、遞增 10 公分)。

操縱變因:緩衝材料(粗糠)。

應變變因:緩衝效果。



2. 比較各種常見材料的緩衝效果(得出最大緩衝高度)

材 料:水球、粗糠、棉花、木屑、保麗龍、綠豆、紅豆、食鹽、爆米花、海綿。

設 備:量尺。

控制變因: 水球質量(200.0 公克)、水球落下高度(100~200 公分, 遞增 10 公分)。

操縱變因:緩衝材料(1.粗糠 2.棉花 3.木屑 4.海綿 5.綠豆 6.紅豆 7.食鹽 8.爆米花)。

應變變因:緩衝效果。

說明:使用棉花店彈好的蓬鬆棉花,故棉花表面平整、內部分布均勻。

3. 挑出緩衝效果較好的材料,求出能緩衝的最大重量

材 料:水球、粗糠、棉花、爆米花。

設 備:量尺。

控制變因:水球質量(200.0~400.0 公克,遞增 10 公克)、水球落下高度(160 公分)。

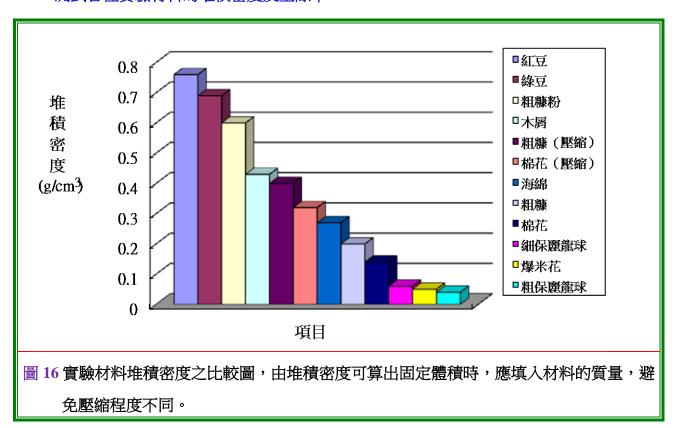
操縱變因:緩衝材料(1.粗糠 2.棉花 3.爆米花)。

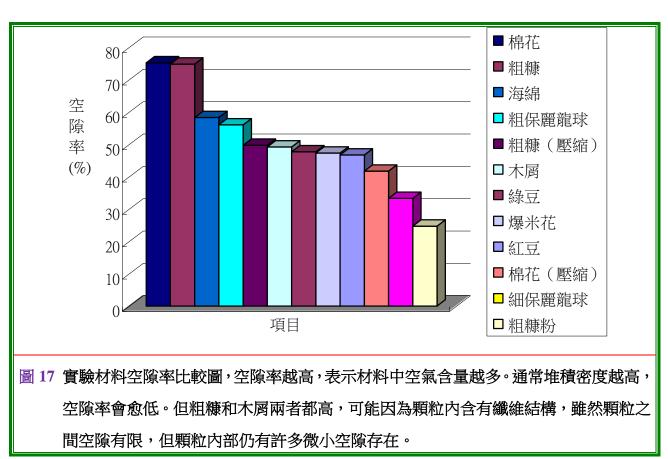
應變變因:緩衝效果。

說明:使用棉花店彈好的蓬鬆棉花,故棉花表面平整、內部分布均勻。

伍、研究結果

一、測試各種實驗材料的堆積密度及空隙率。





二、探討粗糠與各種常見材料的保溫效果。

初溫為 80.0℃,用冷氣控制室溫為 22.0℃。

(一) 測試粗糠的保溫效果。

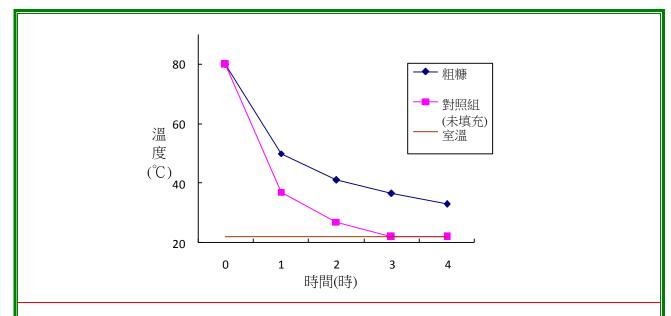


圖 18 粗糠和未填充隔熱材料的對照組降溫-時間關係圖。由圖可發現在 0~1 小時內溫度下降最快,之後下降幅度漸緩。實驗進行 3 小時後對照組已降回室溫,而填有粗糠的實驗組仍比室溫高 14.5℃。由此可知,粗糠確實具有保溫效果。

(二) 比較各種常見材料的保溫效果。

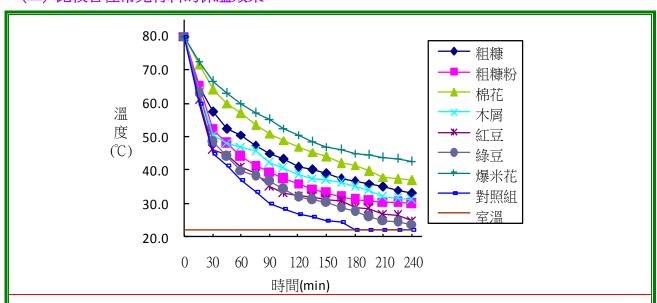


圖 19 各種常見材料的降溫-時間關係圖。所有實驗材料在前 30 分鐘溫度下降最快,之後降溫速度趨於穩定,約 3~5 ℃/小時。保溫效果由大至小:爆米花>棉花>粗糠>木屑>粗糠粉>紅豆>綠豆>對照組。本組認為這受保溫材料顆粒接觸面積和材料空隙率的影響。空氣含量越高,保溫效果大致上越好。

(三) 測試材料中空氣含量對保溫效果的影響

初溫為 80.0℃,用冷氣控制室溫為 22.0℃

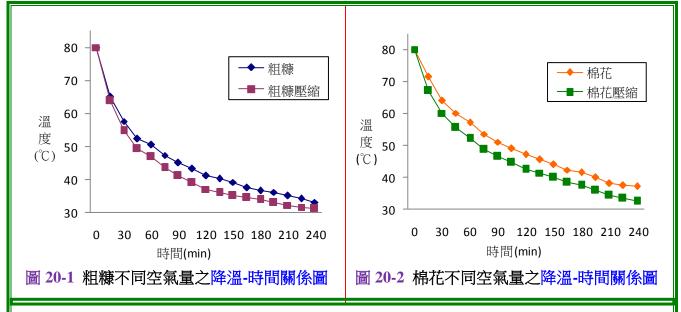
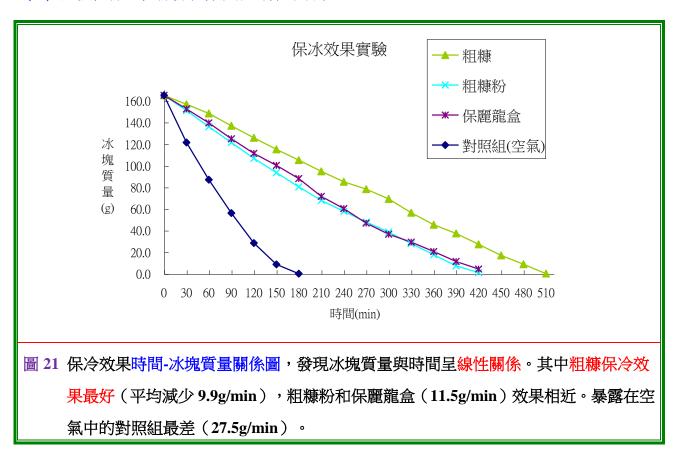


圖 20 可發現隔熱材料壓縮後導致保溫效果下降。推測由於壓縮後空隙率減小,使導熱性差的空氣減少,熱量大多經由隔熱材料傳導散失了。

(四) 比較粗糠、粗糠粉和保麗龍的保冷效果



三、探討粗糠與各種常見材料的隔音效果。

(一) 測試粗糠的隔音效果。

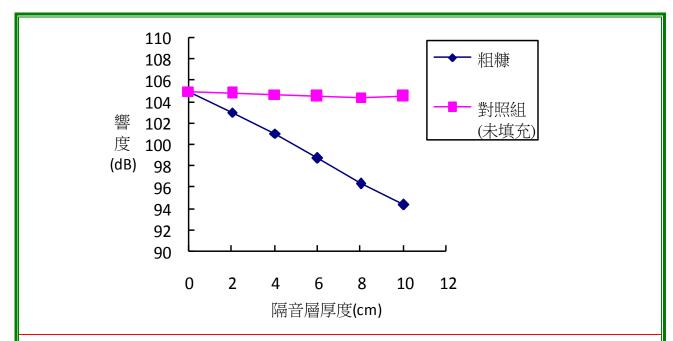
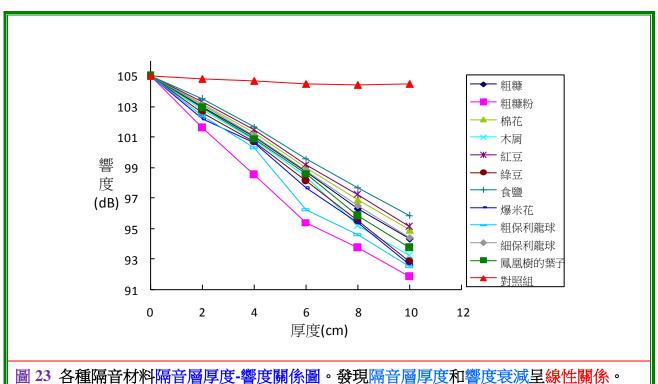


圖 22 粗糠和空氣之降溫-時間關係圖。發現隔音層厚度和響度衰減呈線性關係。在最大厚 度(10公分)時,對照組音量僅減弱 0.5 分貝,而粗糠實驗組達 10.7 分貝,可知粗 糠確實具有隔音效果。

(二) 比較各種常見材料的隔音效果



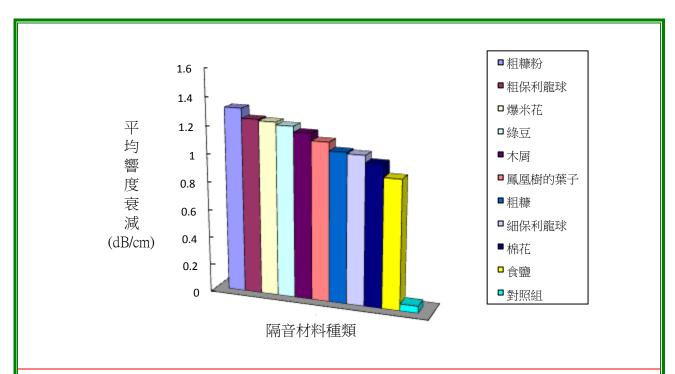


圖 24 隔音材料平均隔音效果圖。由圖可知隔音效果粗糠粉>粗保利龍球>爆米花>綠豆>木屑>鳳凰樹的葉子>粗糠>細保麗龍球>棉花>食鹽。隔音能力介於
-0.9~-1.32dB/cm。粗糠粉隔音效果最好(-1.32dB/cm),相當於每公分降低 26.2%的音量。

隔音效果 = $\frac{[$ 響度(隔音層厚度x cm) - 響度(隔音層厚度0cm)], 單位 $\frac{dB}{cm}$

音量降低率 = $\left(1-10^{\frac{\beta+\beta+\beta+\beta-x}{10}}\right) \times 100\%$

(三) 將隔音材料均勻混合(體積比1:1),測試隔音效果

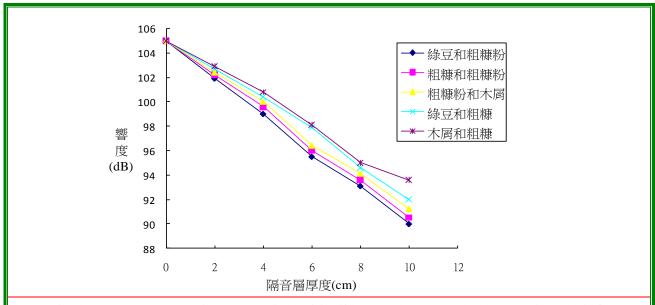


圖 25 隔音材料均勻混合時隔音層厚度-響度關係圖。由圖可知,隔音層厚度和響度衰減呈 線性關係。

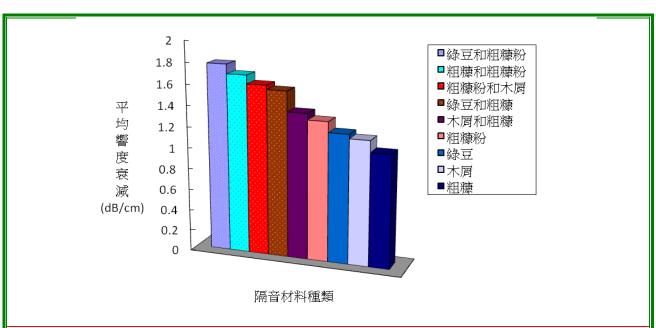


圖 26 隔音材料均勻混合時平均隔音效果圖,發現隔音效果綠豆和粗糠粉>粗糠和粗糠粉> 粗糠粉和木屑>粗糠粉>綠豆和粗糠>綠豆>木屑>木屑和粗糠>粗糠。混合材料隔 音能力介於-1.15~-1.50dB/cm。其中以綠豆和粗糠粉混合隔音效果最好 (-1.50dB/cm),相當於每公分降低 29.2%的音量。綠豆(空隙率 47.7%)與粗糠粉 (24.7%)混合,隔音效果比和粗糠(74.8%)混合好。而木屑與粗糠粉(24.7%)混合,隔音效果比和粗糠(74.8%)混合好。而木屑與粗糠粉(24.7%)混合,隔音效果比和粗糠 (74.8%)更好。可知與空隙率越低的材料混合,顆粒間空隙越小,越能提升隔音性能。

(四) 將隔音材料分層放置,測試隔音效果

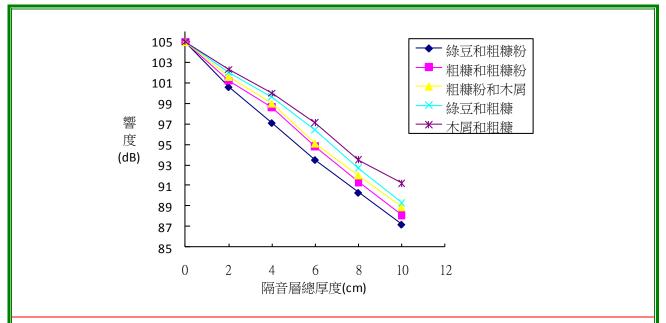


圖 27 隔音材料分層放置時隔音層厚度-響度關係圖。由圖可知,隔音層厚度和響度衰減呈 線性關係。

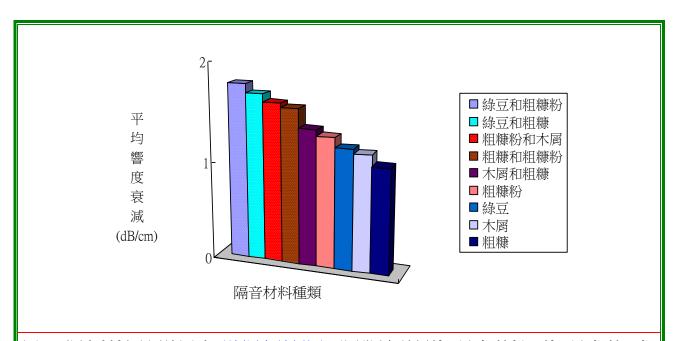
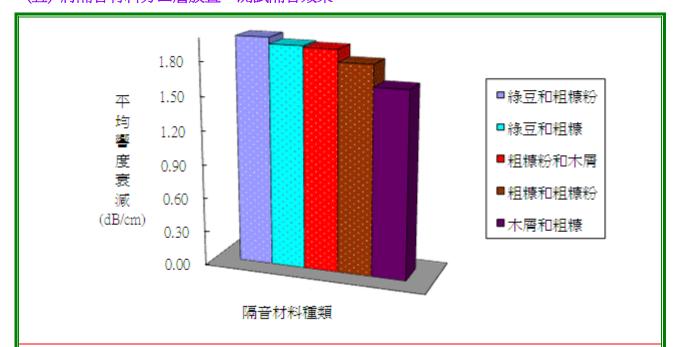


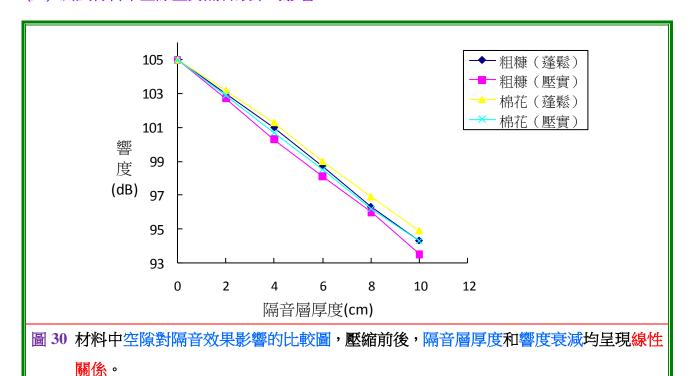
圖 28 隔音材料分層放置時平均隔音效果圖。發現隔音效果綠豆和粗糠粉>綠豆和粗糠>粗糠粉和木屑>粗糠和粗糠粉>木屑和粗糠>粗糠粉>綠豆>木屑>粗糠。分層材料隔音能力介於-1.38~-1.78dB/cm。其中以綠豆和粗糠粉分層隔音效果最好(-1.78dB/cm),相當於每公分降低 33.6%的音量。推測由於每種材料空隙率不同,材料空隙尺寸不同,能特別有效過濾的聲音頻率也有所不同,使用雙層材料時能一次過濾兩種頻率組合,提升隔音效果。

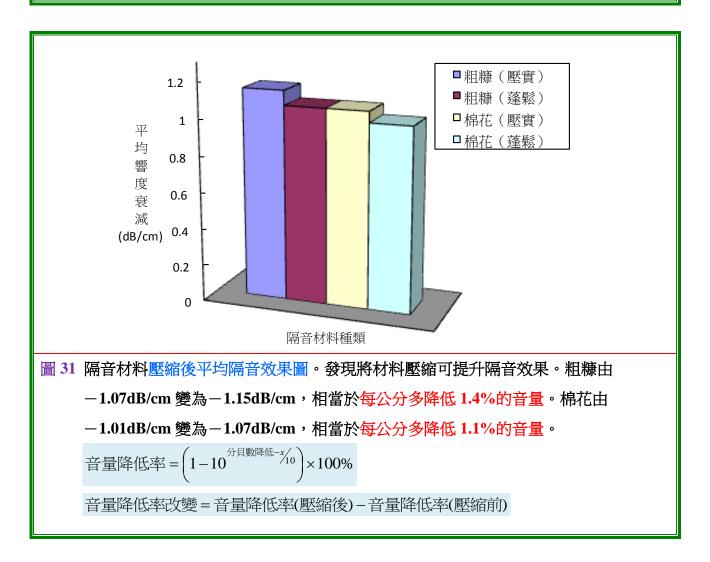
(五) 將隔音材料分四層放置,測試隔音效果



- 圖 29 隔音材料分層放置時平均隔音效果圖。發現隔音效果綠豆和粗糠粉>綠豆和粗糠>粗糠粉和木屑>粗糠和粗糠粉>木屑和粗糠>粗糠粉>綠豆>木屑>粗糠。分層材料隔音能力介於-1.64~-2.13dB/cm。其中以綠豆和粗糠粉分四層隔音效果最好
 - (-2.13dB/cm),相當於每公分降低 38.8%的音量。推測由於每種材料空隙率不同, 材料空隙尺寸不同,能特別有效過濾的聲音頻率也有所不同,使用雙種四層材料時能 一次過濾兩種頻率組合,且界面數增加,比雙層時提供更多反射,使隔音效果提升。

(六) 測試材料中空隙量對隔音效果的影響





四、探討粗糠與各種常見材料的緩衝效果。

(一) 測試粗糠的緩衝效果。

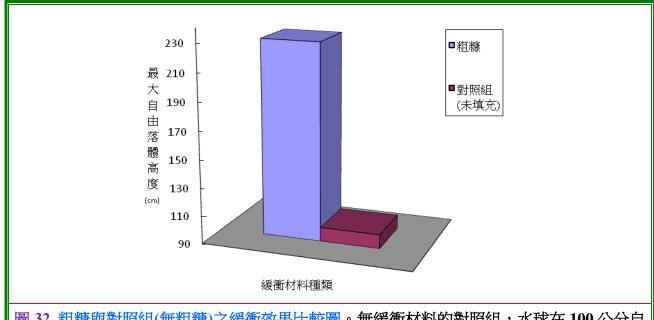


圖 32 粗糠與對照組(無粗糠)之緩衝效果比較圖。無緩衝材料的對照組,水球在 100 公分自由落體下即破裂,而用粗糠緩衝最高可保護 230 公分自由落體的水球,可知粗糠具有緩衝效果。

(二) 比較各種常見材料的緩衝效果。



圖 33 各種常見材料的緩衝效果比較圖。由圖可知,緩衝效果:棉花>粗糠>爆米花>海綿
>食鹽>木屑>綠豆>紅豆。可發現緩衝效果好的材料,空隙率、材料彈性都較高。
其中爆米花容易變形損壞,每次測試後都會壞約 1/5~1/3,要常常更換。



圖 34-1 200 公 克水球自 100cm 處自由落下,形 成粗糠之凹陷圖



圖 34-2 200 公 克水球自 230cm 處自由落下,形 成粗糠之凹陷圖



圖 34-3 200 公 克水球自 100cm 處自由落下,形 成紅豆之凹陷圖



圖 34-4 200 公 克水球自 140cm 處自由落下,形 成紅豆之凹陷圖



圖 34-5 200 公 克水球自 100cm 處自由落下,形 成綠豆之凹陷圖



圖 34-6 200 公 克水球自 140cm 處自由落下,形 成綠豆之凹陷圖



圖 34-7 200 公 克水球自 100cm 處自由落下,形 成鹽之凹陷圖



圖 34-8 200 公 克水球自 170cm 處自由落下,形 成鹽之凹陷圖



圖 34-9 200 公 克水球自 100cm 處自由落下,形 成木屑之凹陷圖



圖 34-10 200 公 克水球自 150cm 處自由落下,形 成木屑之凹陷圖



圖 34-11 200 公 克水球自 100cm 處自由落下,形 成粗糠粉之凹陷 圖



圖 34-12 200 公 克水球自 180cm 處自由落下,形 成粗糠粉之凹陷 圖

圖 34 為各緩衝材料之凹陷狀況。自由落體高度越高,緩衝材料的凹陷區越深。由於水球 為球形,埋入越深,凹陷區面積也越大。棉花和海綿無法觀測凹陷區(討論四-(二))

(三) 挑出緩衝效果較好的材料,求出能緩衝的最大重量。

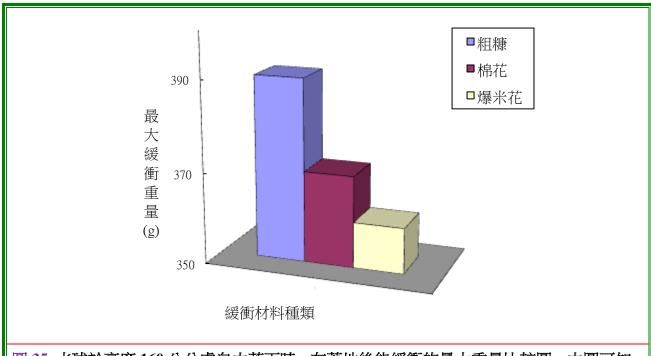


圖 35 水球於高度 160 公分處自由落下時,在著地後能緩衝的最大重量比較圖。由圖可知,緩衝效果:粗糠>棉花>爆米花,實驗四-2 自由落體高度測試的結果相符,粗糠的緩衝效果最好,水球最重可達 390 公克重,比棉花高出 5.4%。

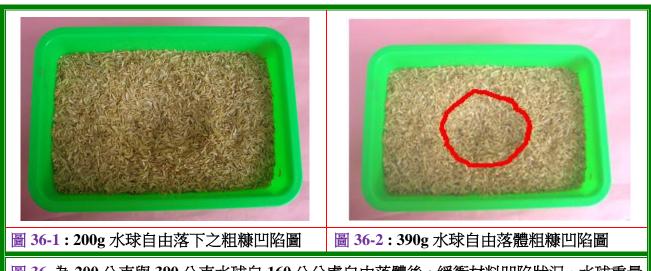


圖 36 為 200 公克與 390 公克水球自 160 公分處自由落體後,緩衝材料凹陷狀況。水球重量越大,緩衝材料的凹陷區越深。由於水球為球形,埋入越深,凹陷區面積也越大。

陸、討論

- 一、測試各種實驗材料的密度及空隙率。
 - (一) 由實驗一,測量粗糠和棉花等吸水性材料,在使用排水法時,需邊加水邊攪拌,靜 置所有材料沉入水面下再進行測量以減少誤差。
 - (二)通常堆積密度越高,空隙率會愈低。但粗糠及木屑兩者都高,可能因為顆粒內含有 纖維結構,雖然顆粒之間空隙有限,但顆粒內部仍有許多微小空隙存在。

二、探討粗糠與各種常見材料的保溫效果。

- (一)由實驗二-2,討論保溫能力順序的成因。空氣是熱的不良導體,主要導熱方式是對流。保溫材料可阻礙對流,但熱能從保溫材料間傳導散失。磨碎的粗糠粉缺少空氣,且顆粒小,總接觸面積大,易於傳導,因此粗糠的保溫效果比粗糠粉好。同理,爆米花顆粒大,且形狀不規則,總接觸面積小。而棉花的空隙率最高,保溫效果最好。
- (二)由實驗二-2,粗糠粉(空隙率 24.7%)保溫效果比紅豆(46.7%)和綠豆(47.7%)好。推 測因紅豆綠豆是植物種子,為保護內部構造,最外層種皮導熱快,使保溫效果較差。 且細粗糠也許仍有未被破壞的纖維結構,多種細小孔洞,能過濾多種頻率。

三、探討粗糠與各種常見材料的隔音效果

- (一)原始設計採用吹風機發聲,但實作時風量太大,對隔音層造成干擾。改用手機為音源,不僅音量固定,裝置也不受電源線的牽制。
- (二)由實驗三-2,粗糠粉隔音效果最好,高出第二名的粗保麗龍球 1.6%的音量。可能是細粗糠密度高,使聲音反射明顯。又粗糠的纖維結構含有許多細小孔洞,對共振頻率的聲音特別有效,而細粗糠或許仍有部分未損壞的結構殘留。
- (三)聲音反射和材料密度有關。材料密度越高,可振動的程度越低,使聲波較易反射。
- (四)由實驗三-2,吸收聲音和材料<mark>可變形程度及空隙大小</mark>有關。可變形程度越高,材料 越能吸收聲能。若空隙大小恰為聲波的共振頻率,會因空氣與材料劇烈摩擦而加劇 使聲能轉為熱能。
- (五)由實驗三-3,將材料混合時,顆粒相互填滿使空隙變小,空隙尺寸改變會連帶改變 最佳過濾頻率;並使空隙形狀不規則,增加與空氣摩擦機率,將聲音轉為熱;也使 介質密度增加,增強聲波反射,強化隔音效果。
- (六) 由實驗三-4,材料分層放置,增加界面數可提升反射量。而每種材料空隙尺寸不同, 最佳過濾頻率也所不同,能一次過濾兩種頻率組合,提升隔音效果。材料分4層時, 由於反射次數更多,效果比分2層時更好。
- (七) 為證明「<mark>顆粒間空隙會影響隔音效果</mark>」,設計實驗三-5,發現壓縮過的材料,隔音效果確實變好(粗糠提升了-0.08dB/cm,相當於多隔 1.9%的音量。棉花提升了

-0.06dB/cm,相當於多隔 1.4%的音量)。這是由於顆粒間空隙變小使密度上升,增加聲波反射,提升隔音效果。

四、探討粗糠與各種常見材料的緩衝效果。

- (一) 利用體育裁判台逐階踏上,克服了站在椅子上不易控制高度的問題。
- (二)棉花和海綿彈性太好,撞擊後凹陷區會自動回復,無法觀測,使用相機攝影,相機攝影撞擊過程,但影片每幀(frame)只有 1/30 秒,而 2 公尺高度自由落體的水球著地瞬間秒速為 6.3m/s,相當於 20.9cm/frame,超過鏡頭拍攝範圍,因此本實驗以觀察其他材料上的凹陷痕跡為主。
- (三)由實驗四-2、四-3,對同種材料而言,凹陷區越深,緩衝能力越好。因此不易壓縮、或是顆粒難以排開的材料緩衝能力較弱。根據實驗三,空隙大、顆粒可變形的粗糠、棉花、爆米花,緩衝能力優於空隙小、顆粒無法變形的紅豆、綠豆。
- (四)由實驗四-2、四-3,自由落體高度越高或水球越重,緩衝材料表面的凹陷區也越深、越大(水球為球形,越往下壓截面積越大)。凹陷區越深表示減速距離越長,減速時間也跟著拉長,加速度較小。因此水球受力較小,較不易破。但緩衝材料的凹陷有極限,因此仍然存在最大緩衝高度。
- (五) 由實驗四-3,對較重的水球,粗糠的緩衝效果比棉花好。可能因為棉花凹陷過度, 使水球撞擊到地面導致。

柒、結論

- 一、 由實驗二-2,保溫效果:爆米花>棉花><mark>粗糠</mark>>木屑><mark>粗糠粉</mark>>紅豆>綠豆>無填充。
- 二、 由實驗二-4,保冷效果:<mark>粗糠</mark>>保麗龍盒>粗糠粉>無填充。
- 三、 由實驗二-3,材料顆粒間空氣含量越多、材料本身導熱性越差,保溫效果越好。
- 四、由實驗三-2~三-4,隔音效果:分層綠豆和<mark>粗糠粉</mark>>分層粗糠和<mark>粗糠粉</mark>>分層<mark>粗糠粉</mark>和木屑>分層綠豆和粗糠>混合綠豆和<mark>粗糠粉</mark>>混合粗糠和<mark>粗糠粉</mark>>分層木屑和粗糠>混合粗糠粉和木屑><mark>粗糠粉</mark>>混合綠豆和粗糠>混合木屑和粗糠>粗保利龍球>爆米花>綠豆>木屑>鳳凰樹的葉子>粗糠>細保利龍球>棉花>食鹽>無隔音材料。
- 五、由實驗三-2~三-4,對相同材料而言,隔音效果分層放置>均勻混合>單一材料。
- 六、由實驗三-3,混合材料的隔音效果優於單一材料,是因為混合後顆粒間空隙被填滿,使 密度上升,增加聲音反射。而混合後空隙大小改變,能有效過濾的聲音頻率也隨之改變。
- 七、由實驗三-4,三-5,隔音材料分層放置,增加界面數可提升反射量。而每種材料空隙尺寸不同,最佳過濾頻率也所不同,能一次過濾兩種頻率組合而提升隔音效果。
- 八、由實驗三-6,將材料壓縮可提升隔音效果。
- 九、 由實驗四-2,緩衝效果:棉花> 相機>爆米花>海綿>食鹽>木屑>綠豆>紅豆>無緩

衝材料。但棉花凹陷程度大,若緩衝層不夠厚,可能使物體撞擊地面而受損。

- 十、由實驗四-2,四-3,當自由落體高度越高,緩衝材料表面的凹陷區會跟著越深、越大(水 球呈球形,越往下壓截面積也越大)。這表示落地時減速時間也跟著拉長,加速度較小。 因此水球受力較小,較不易破。但緩衝材料的凹陷有極限,因此有最大緩衝高度。
- 十一、由實驗四-2,四-3 緩衝能力和凹陷區大小,也就是落地的減速時間有關。因此不易壓縮、 或是顆粒難以排開的材料緩衝能力會較弱。因此空隙大、顆粒可變形的粗糠、棉花、爆 米花,緩衝能力優於空隙小、顆粒無法變形的紅豆、綠豆。
- 十二、 由以上實驗,粗糠在保溫、隔音、防撞方面都有優異的表現,未來可研究「如何避免粗糠受潮發霉」,許多保溫、隔音、防撞材料,都可以考慮改用粗糠填裝,環保又經濟。
- 十三、 本組自行設計及製作粗糠的生活用品:由於粗糠良好的保溫、隔音及緩衝能力,本組發 揮創意,設計並自行製作多種使用粗糠的生活用品。如以下椅腳墊的製作範例:



(一) 保溫



(二)隔音



(三) 緩衝



(四) 製作與測試自製隔音板



仿照實驗三進行隔音能力測試



(五) 快遞緩衝測試



隔天收件後,開箱觀察:





圖 43-7 棉花:水球與蛋移至 紙箱另一端邊緣,但 未破裂。



圖 43-8 廢紙:水球和蛋跑到 箱底,兩者皆破裂。

圖 43:可知習慣上常用的廢紙緩衝,雞蛋和水球均破裂。而緩衝效果最好的棉花,雞蛋和水球雖燃沒破,卻跑到紙箱另一端的邊緣處,若受到擠壓很可能破裂。由此可知,粗糠確實有作為包裹內緩衝物的潛力。

捌、未來展望與應用

環保意識高漲,部分廠商也運用粗糠為原材料開發許多產品。



玖、参考資料

- 一、自然與生活科技(二上)。臺北市。康軒出版社。
- 二、自然與生活科技(三上)。臺北市。康軒出版社。
- 三、噪音防制 大家一起來。臺北市。行政院環境保育署。
- 四、噪音原理防制材料。臺北市。行政院環境保育署。
- 五、紀士斌(2004) 建築材料(第四版)。清華大學出版社
- 六、袁苙芸等(2009)。爆米花屠龍記。全國第49屆中小學科學展覽會作品說明書。

【評語】030809

利用稻作廢棄之粗糠當做研究之題材,不僅有趣,也是相當環保之議題。實驗探究了粗糠之保溫、隔音以及緩衝之原理等,內容相當豐富,是一件高水準之作品。未來可朝更理解粗糠本質之方向著手,以拓展其更廣泛應用。