

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 物理與天文學科

051811

襲從天降~緩衝材料吸收撞擊之實驗探討

學校名稱：福智學校財團法人雲林縣福智高級中等學校

作者： 高一 黃鈺程 高一 姜右軒 高一 葉政嘉	指導老師： 王慧玟 黃瑞德
---	-----------------------------

關鍵詞：碰撞、緩衝材料、能量吸收

摘要

為了讓安全更有保障，我們在物理課及創發社中找到實驗題材，並設計與製作實驗模組。首先，前置實驗以雞蛋、高爾夫球與石頭的自由落體撞擊受力的情形，選擇適當實驗物體，並以其重力值作基準；其二、各類緩衝材料（泡棉、記憶枕、保麗龍、非牛頓流體）在不同厚度與不同高度下的吸收撞擊之實驗與探討，並分析之間差異；其三、探究固體實驗材料在兩種素材相疊在一起是否有加乘緩衝效果；其四、於兩材料間利用保麗龍、鼻涕蟲及磁鐵製造緩衝空間，觀察其影響；其五、用得到的實驗數據及簡單物理概念，應用在生活中。本實驗期望藉由結合簡單材料發揮最大效用，提供社會大眾製作相關防災及防護器具之參考，建立全方位的守護措施，以保障人民的生命安全。

壹、研究動機

臺灣地處於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊相互碰撞之交接處，根據中央氣象局自 1991~2016 年的觀測資料顯示，台灣地區平均每年 1,000 次為有感地震(中央氣象局，105)。其中，九二一大地震以及這兩年接連發生高雄美濃、花蓮芮氏規模分別為 7.3、6.6 及 6.4 的強震，各造成二千多人、117 人及 17 人的死亡。由上述可知，大自然的力量是不容小覷。

陳逸嫻(2002)的研究顯示，九二一死亡人數中，顱內損傷致死有 639 人，僅次於窒息死亡的 713 人。而死亡外傷型態以頭部外傷 43%為最多，死亡外傷受傷的部位以頭頸部 69%為最多。可見頭部外傷是造成人們在地震中死亡的主要原因之一，在地震發生時，如能注意到頭部的保護避免頭部受傷，才能增加存活的機率。為了提升校園民眾防災自救與逃生能力，市面上也出現許多如防災頭套等相關防護器具，然而，哪一種緩衝材料適合做為這些防護器具的內容物?是我們想探究的。

另外，老人家及孩童行動最怕跌倒，交通安全事故中常是強烈撞擊發生導致傷亡。人命關天，生命是我們首要思量的問題，有何辦法可減緩撞擊所造成的傷害嗎？

在學校的物理課程及創意發想研究社中，談到受力會使物體產生形變，而受力的能量會被形變增加的彈力位能吸收。市面上常使用的防撞材料，都具有減弱衝力的效果。然而，各種材料的效果差別何在？多種的素材相疊在一起會不會有加乘效果？有一次在破解網路流言的節目裡，介紹了「非牛頓流體」，其

黏度會隨衝力而改變，所以在受到衝撞後會瞬間從液體轉為固體，以達到保護之效果。於是我們想實驗看看「非牛頓流體」是否適合當緩衝材料的材質呢?另外，市面上販售的「鼻涕蟲」是否也可以當作我們的緩衝材質呢?

綜合上述，我們希望透由更深入的實驗、研究與探討，找出適合的緩衝材料，提供社會大眾製作相關防災及防護器具之參考，並製作成相關產品，為社會盡一份心力。

貳、研究目的

- 一、實驗模組設計與製作。
- 二、實驗雞蛋、高爾夫球、石頭物體自由落體所產生的衝擊力道。
- 三、實驗各類型緩衝材料(泡棉、記憶枕、保麗龍、非牛頓流體)在不同厚度與不同撞擊高度下的吸收撞擊情形，以探討其緩衝效果並比較之間的差異性。
- 四、實驗兩種固體緩衝材料相疊在一起，加乘緩衝效果之探討。
- 五、實驗兩種固體緩衝材料間，利用保麗龍球、鼻涕蟲、磁鐵製造緩衝空間，探討其加乘緩衝效果。
- 六、研究數據提供社會製作相關防災及防護器具之參考，並製作成相關產品應用在生活裡較易發生碰撞的地方，如學校、兒童娛樂場所、老人養護中心、極限運動、交通設施、地震防護…等，以降低傷害的發生。

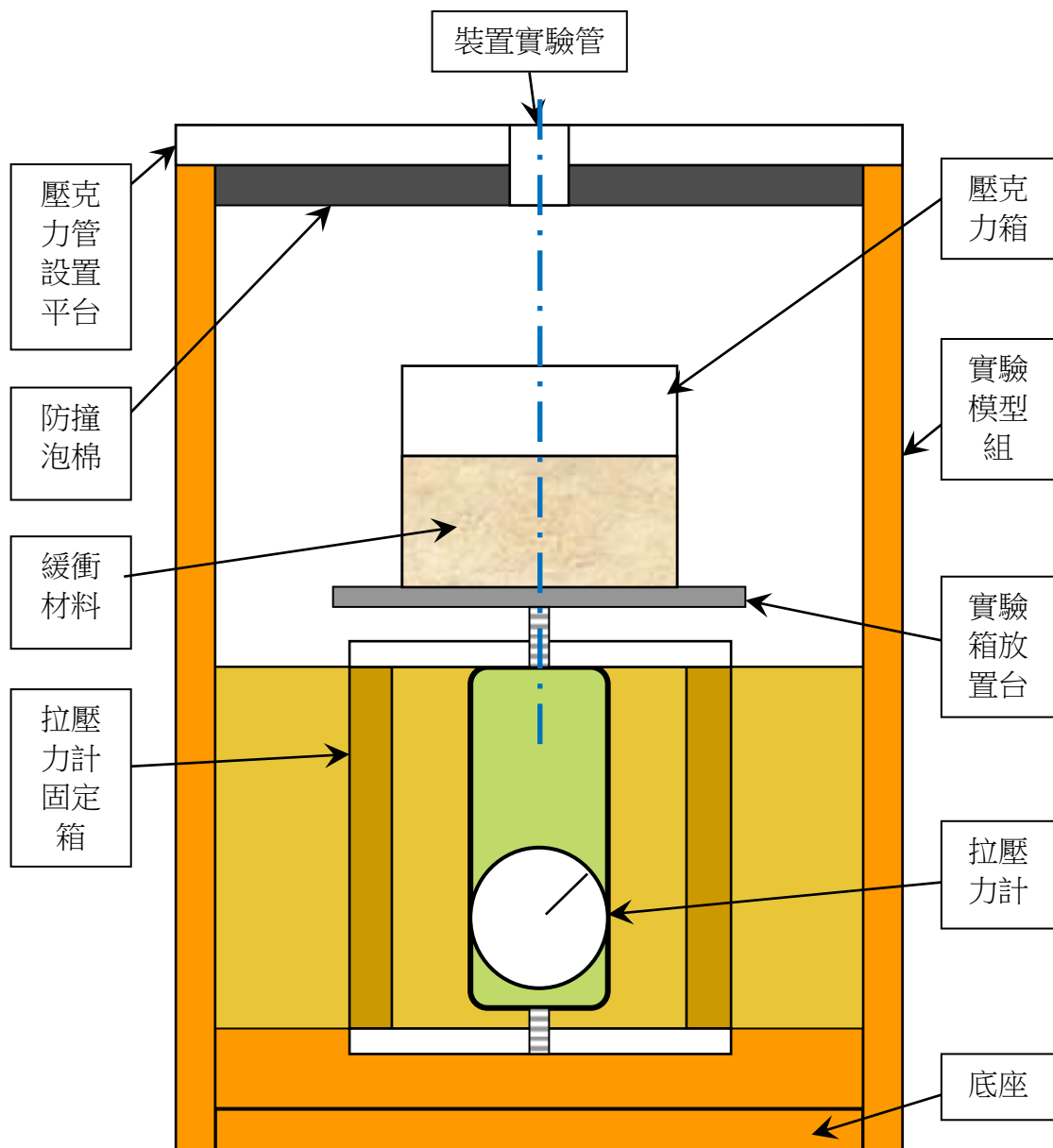
參、研究設備及器材

一、實驗模組設計與製作

(一) 實驗模組設計原理

運用萬有引力定律，使物體以自由落體的形式掉落。利用塑膠管使擲物點與拉壓力計中心呈垂直一直線，以達到每次掉落的撞擊點相同，讓實驗數據更為精確。

(二) 實驗模組設計圖



(三) 實驗模組製作組裝過程如下：



		
運用挫刀修整毛邊	切割模組零件之底座	塗抹白膠準備組裝
		
透過直角尺測量	模組組裝平整校正	利用鐵釘平均釘裝
		
利用鐵釘組裝模組	在木板上打中心點	運用手提電鑽鑽孔
		
主裝模組手提把	鎖上壓克力管固定平台	製作拉重力計固定箱
		
組裝拉壓力計固定箱	在拉壓力計固定箱上鑽孔	將拉壓力計固在支撐座上
		
固定泡棉於壓克力台內	製作壓克力實驗箱保護盒	完成壓克力實驗箱保護盒

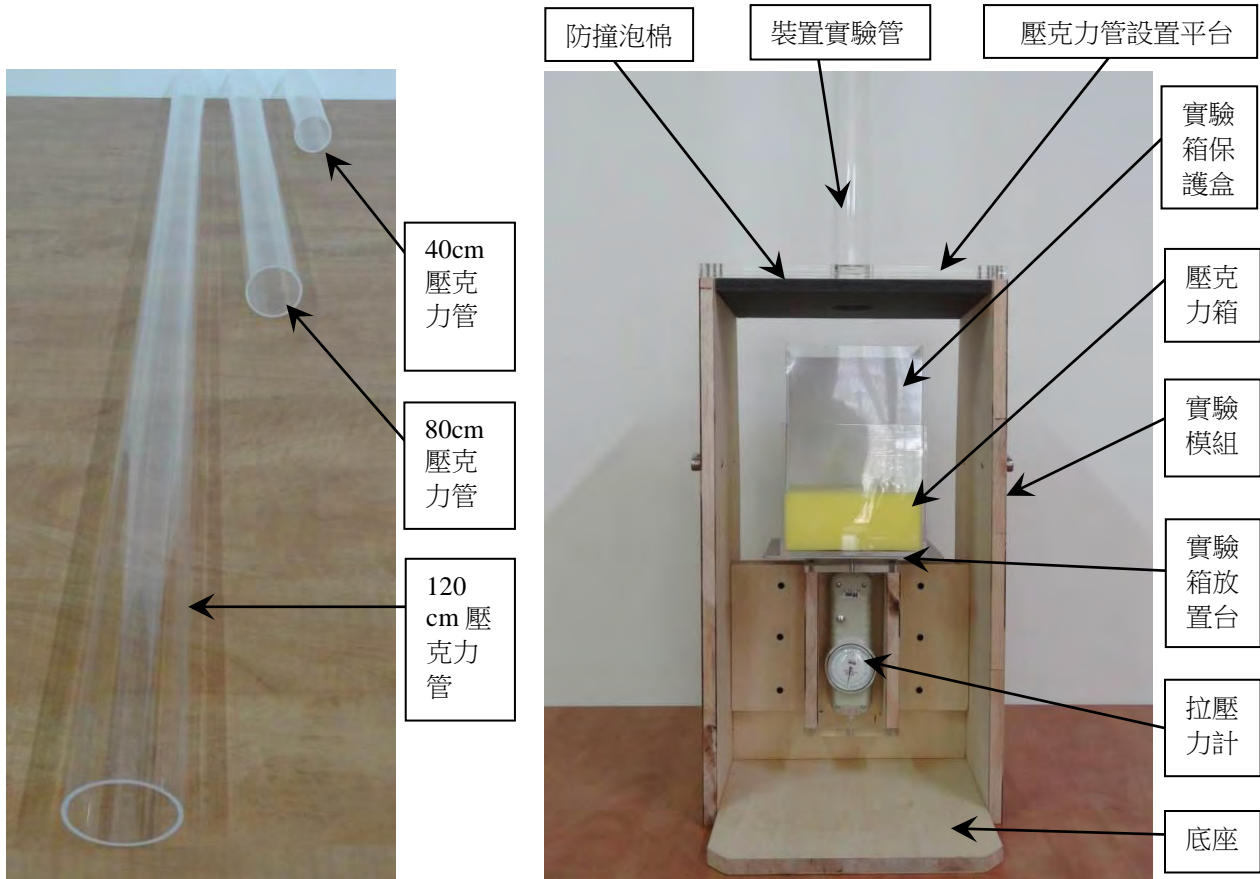


修正壓克力實驗管長度

修邊壓克力實驗管

完成實驗模組

(四) 襲從天降~緩衝材料吸收撞擊之實驗模組介紹：



壓克力管高度

實驗模組

二、相關設備與器材

(一) 大型工具：圓鋸機、圓盤砂帶機、桌上型鑽孔機等。

(二) 小型工具：各類型銼刀、金工鋸子、一字及十字型螺絲起子、直尺、直角規、尖嘴鉗、斜口鉗、針筆、角度儀、虎鉗、桌上型虎鉗、鐵槌、美工刀等。

(三) 相關材料：壓克力、木板、鐵板。

(四) 實驗儀器：50KG 拉壓力計







(五) 實驗模組：壓克力箱六個、壓克力管長度分別為 40、80、120cm 各一。

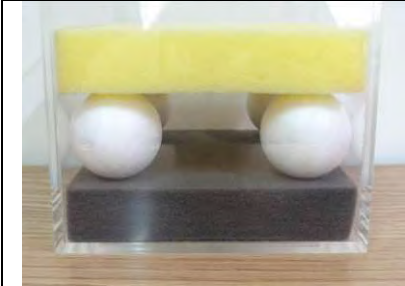
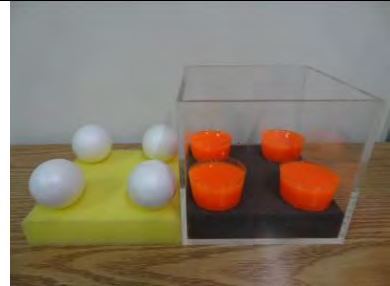




(六) 撞擊物之實驗材料：雞蛋、石頭、高爾夫球。

(七) 緩衝材料：泡棉、記憶枕、保麗龍、太白粉加水、玉米粉加水、保麗龍球、

鼻涕蟲及磁鐵等。

(八) 相關設備與器材照片說明如下：

		
<p>圓鋸機</p>	<p>手提電鑽</p>	<p>桌上型鑽孔機</p>
		
<p>小型工具：小虎鉗、銼刀、螺絲起子等</p>	<p>尺規、切割工具</p>	<p>螺絲釘、鐵釘等</p>
		
<p>拉(壓)力計</p>	<p>雞蛋</p>	<p>泡棉</p>
		
<p>記憶枕</p>	<p>保麗龍</p>	<p>太白粉</p>
		
<p>玉米粉</p>	<p>透明壓克力實驗箱</p>	<p>透明壓克力管 40cm、80cm、120cm 直徑 5cm</p>

		
保麗龍球	保麗龍球、鼻涕蟲	保麗龍球、鼻涕蟲、磁鐵
		
秤、挑選撞擊物	實驗平台	拉壓力計實驗模組

肆、研究過程及方法

一、研究方法

(一) 理論說明

1. 彈性碰撞：無外力作用下，碰撞前後系統動量守恆、總動能相同，碰撞前接近速率等於碰撞後遠離速率，稱為彈性碰撞。如：撞球檯上的撞球。以一維運動而言，兩物體碰撞前速度為 v_1 和 v_2 ，經由

$$\text{動量守恆：} m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$\text{能量守恆：} \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2,$$

可推得碰撞後速度為 v_1' 和 v_2'

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_2$$

$$v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_2$$

2. 完全非彈性碰撞：無外力作用下，碰撞前後系統動量守恆、總動能不同，而碰撞後兩物合為一體，並且整個系統以相同速度前進，稱為完全非彈性碰撞，如子彈撞擊木塊，而陷在木塊裡面，使得整體一起運動。仍遵守動量守恆公式： $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$

(二) 緩衝材料說明

1. 固體部份：

- (1) 一般泡棉：利用基礎聚醚多元醇(polyether polyol) 發泡生產，根據材質密度及硬度區別，展現不同之物理性能，應用在包裝、衣飾、玩具、家俱等一般民生之基本用途。在實驗過程中，泡棉在接受撞擊後，會產生較大的反彈力，使原本自由落體垂直墜落的撞擊物體因反彈而撞到壓克力管設置平台，因此再加裝了一層防撞泡棉在平台下方，可使實驗更為精確。
- (2) 記憶枕：成分為聚胺酯（英語：Polyurethane，IUPAC 縮寫為 PUR，一般縮寫為 PU），其力學性能具有很大的可調性，通過控制結晶的硬段和不結晶的軟段之間的比例，聚胺酯可以獲得不同的力學性能。在實驗過程中，記憶枕在接受撞擊後，反彈力道較泡棉小，形狀改變的程度亦較泡棉少。
- (3) 保麗龍，學名聚苯乙烯，由聚苯乙烯（Polystyrene，PS）加入發泡劑後，加熱所製成的一種很輕的材料，其中有 90%至 95%的體積是空氣。在實驗過程中，保麗龍在接受撞擊後，也會產生較大的反彈力道，但材料形狀幾乎不會因受到撞擊而改變。

2. 非牛頓流體部份：

- (1) 「非牛頓流體」的主要特徵是：流體的黏度會因為受到的壓力或速度而變化，壓力越大，黏度會增加，甚至成為暫時性的固體。因此當用力撻打非牛頓流體時，接觸面因為壓力大而黏度增加，拳頭就無法進入流體內部。
- (2) 在實驗過程中，我們使用較廣為人知且易於學校中實驗的非牛頓流體為太白粉及玉米粉加水的製品（粉與水比例皆為約 5 比 3）。過程中發現，不論是太白粉加水，或是玉米粉加水，受快速撞擊皆會變硬，受慢速撞擊則都不會，黏度亦會隨受撞擊速度而改變。此外，高爾夫球幾乎不會產生反彈力道，且會在其表面停留，並不會立刻下沉。

二、研究過程：探討各項變因對本實驗的影響

（一）前置實驗：

實驗雞蛋、高爾夫球與石頭的自由落體撞擊受力的情形，選擇適當撞擊物體。

（二）各類型實驗材料在不同厚度與不同高度下的吸收撞擊情形之實驗與探討

1. 實驗一：泡棉的吸收撞擊情形實驗
2. 實驗二：記憶枕的吸收撞擊情形實驗
3. 實驗三：保麗龍的吸收撞擊情形實驗
4. 實驗四：太白粉加水的吸收撞擊情形實驗
5. 實驗五：玉米粉加水的吸收撞擊情形實驗

6. 經由前述五項實驗，得知各類型緩衝材料在相同厚度與不同高度下實驗結果
7. 前置實驗結果減去緩衝實驗數據，得知各種緩衝材料吸收撞擊的能量

(三) 固體實驗材料在兩種素材相疊在一起有否加乘緩衝效果之關係

1. 實驗一：實驗泡棉與記憶枕相疊之吸收撞擊效果
2. 實驗二：實驗泡棉與保麗龍相疊之吸收撞擊效果
3. 實驗三：實驗記憶枕與保麗龍相疊之吸收撞擊效果
4. 經由前述實驗，得知在高度 120 公分下，固體緩衝材料在兩種素材相疊時會不會有加乘緩衝之實驗結果
5. 由上述實驗的結果，我們選取效果最好的泡棉和記憶枕再進一步實驗，運用保麗龍球、鼻涕蟲、磁鐵製造緩衝空間，分散及反彈直接向下的重力之實驗結果

(四) 兩種固體實驗材料間利用保麗龍球、鼻涕蟲、磁鐵等物相間隔會不會有增加緩衝效果之關係

1. 實驗一：實驗泡棉與記憶枕間利用保麗龍球製造緩衝空間後之吸收撞擊效果
2. 實驗二：實驗泡棉與記憶枕間利用保麗龍球與鼻涕蟲製造緩衝空間後之吸收撞擊效果
3. 實驗三：實驗泡棉與記憶枕間利用保麗龍球、鼻涕蟲與磁鐵製造緩衝空間後之吸收撞擊效果

伍、研究結果

一、前置實驗：




以三種撞擊物做為操縱變因，觀察並分析其於自由落體狀態撞擊拉壓力計時傳遞瞬間衝擊能量的情形，以選擇適當實驗撞擊物。

(一) 實驗流程










1. 實驗撞擊物：雞蛋、高爾夫球、石頭的重量各為 50 公克。
2. 實驗高度：使用直角規進行壓克力管 40、80、120cm 的架設與垂直校正。
3. 實驗數據：去最大最小值後取其中三次數據計算平均值。
4. 實驗操作：使雞蛋、高爾夫球、石頭於壓克力管上端，受地心引力而垂直墜落於拉壓力計中心點，且記錄其產生的撞擊數據，對之加以分析與探討。


(二) 其各類型實驗撞擊物情形實驗與探討如下：

1. 實驗撞擊物：雞蛋、高爾夫球、石頭照片呈現說明：

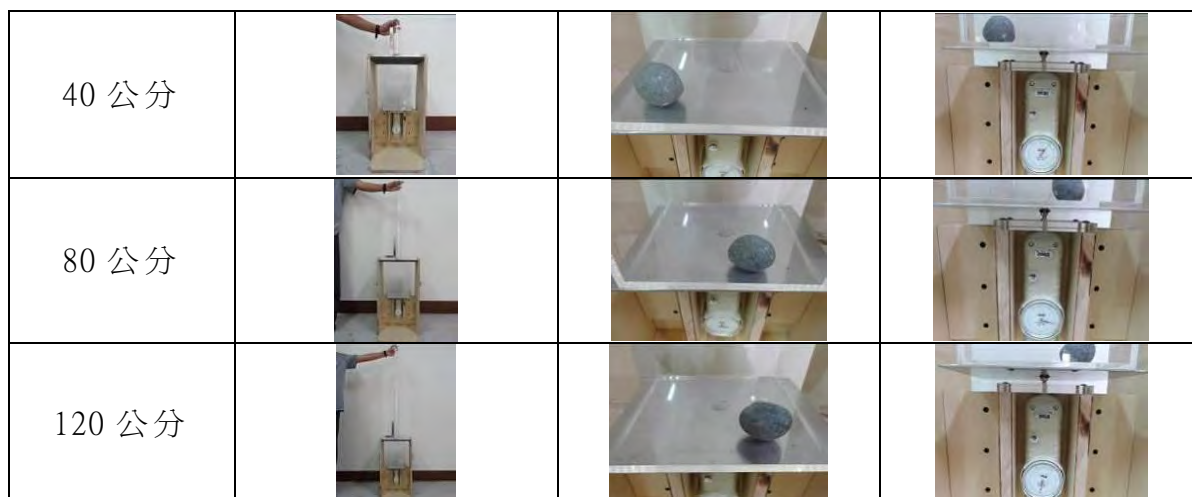
		
蛋重量 50g	高爾夫球重量 50g	石頭重量 50g

2. 實驗過程：雞蛋、高爾夫球、石頭撞擊前後的照片呈現說明。

雞蛋 照片 高度	雞蛋實驗	受撞擊後	實驗結果
40 公分			
80 公分			
120 公分			

高爾夫球 照片 高度	高爾夫球實驗	受撞擊後	實驗結果
40 公分			
80 公分			
120 公分			

石頭 照片 高度	石頭實驗	受撞擊後	實驗結果



3. 實驗結果：雞蛋、高爾夫球及石頭撞擊重力值取其中三次數據的統計圖表如下：

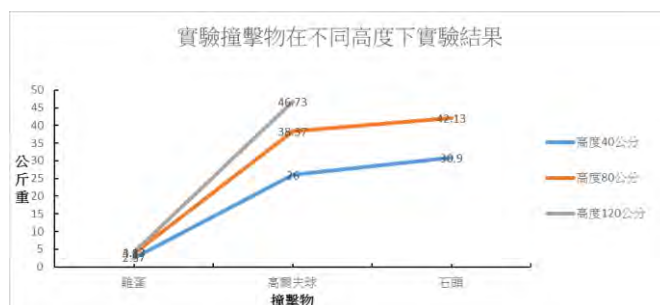
材料 重力值 高度	雞蛋				高爾夫球				石頭			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
40 公分	2.5	2.6	2.6	2.57	25.8	26.0	26.2	26.00	31.2	32.4	29.1	30.90
80 公分	3.9	3.8	3.9	3.87	38.2	38.4	38.5	38.37	42.1	42.5	41.8	42.13
120 公分	4.1	4.2	4.1	4.13	46.8	46.6	46.8	46.73	破表	破表	破表	破表

重力值單位：公斤重

4. 經由上述實驗可得知雞蛋、高爾夫球及石頭實際撞擊力的數據圖表如下：

材料 重力值 高度	雞蛋	高爾夫球	石頭
	40 公分	2.57	26.00
80 公分	3.87	38.37	42.13
120 公分	4.13	46.73	破表

重力值單位：公斤重



根據上述實驗數據我們可得知雞蛋自由落體掉落後的衝擊力道：實驗高度 40 公分時的重力平均值為 2.57kg；高度 80 公分時的重力平均值為 3.87kg；高度 120 公分時的重力平均值為 4.13kg，但是雞蛋全都破掉，就雞蛋而言，掉落後會破裂，當破裂時，裡面蛋液會由破裂的缺口而向四面八方噴散，原有的向下衝力就因為液體運動方向改變而放射散開，向下的力量便減弱，以至於所得數據皆大幅小於其餘二者。然而我們推測，若在雞蛋完整不破的情況下，所得數值應該會比較相近。

高爾夫球的實驗數據較石頭的小，而且數據間的差異亦較為平均，推測是因為高爾夫球的材質較容易反彈，使能量被反彈而削弱，而且本身形狀接近均勻球體，每次撞擊的接觸面積相近，故此。

石頭產生的重力較大，得到的數據亦有些差異，應為其本身質地緻密，彈性較差，無法藉由反彈分散能量，而且形狀不均勻，所以得此結果。故本實驗不採用石頭做為撞擊力測試之實驗物體。

二、各類型實驗材料在不同厚度與不同高度下的吸收撞擊情形實驗與探討：

透由變化材料種類、厚度及掉落高度三種操縱變因，觀察其於不同情況下的緩衝效果，並記錄數據來做分析與探討。

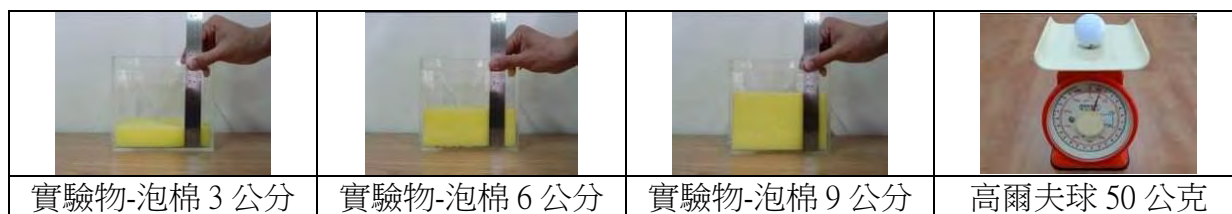
(一) 實驗流程

1. 實驗材料：高爾夫球、雞蛋 50g；泡棉、記憶枕、保麗龍、太白粉加水及玉米粉加水其厚度各為 3、6、9 cm。
2. 實驗高度：使用直角規進行壓克力管 40、80、120cm 的架設與垂直校正。
3. 實驗數據：去最大最小值後取其中三次數據計算平均值。
4. 實驗操作：使高爾夫球於壓克力管上端，受地心引力而垂直墜落於拉壓力計中心點，且記錄其產生的撞擊數據，對之加以分析與探討。

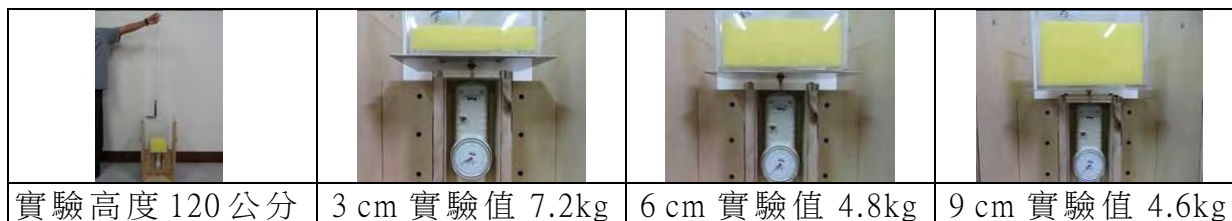
(二) 其各類型實驗材料吸收撞擊情形實驗與探討如下：

1. 實驗一：泡棉的吸收撞擊情形實驗

(1) 實驗材料：海綿與高爾夫球照片呈現說明。



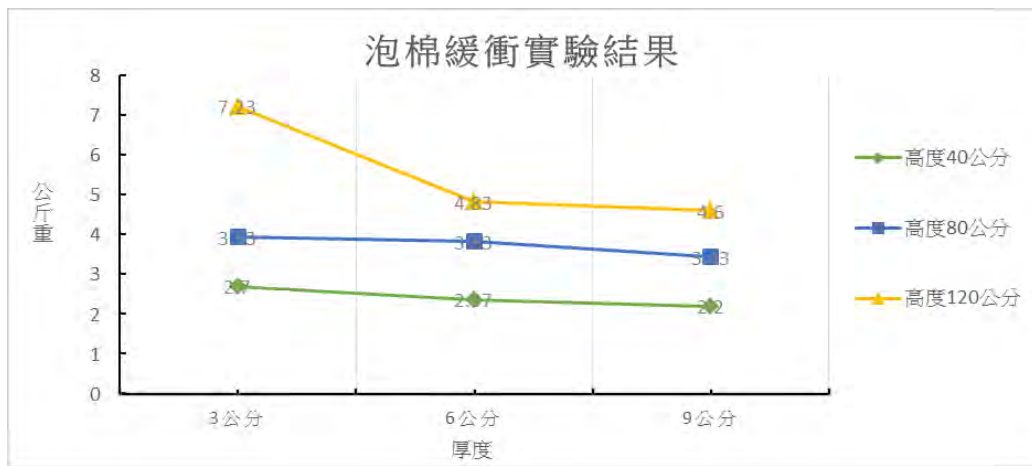
(2) 實驗過程：以高度 120 公分的照片為例呈現說明。



(3) 實驗結果：泡棉緩衝實驗結果取其中三次數據的統計圖表如下：

重力值 高度	泡棉厚度 3 公分				泡棉厚度 6 公分				泡棉厚度 9 公分			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
40 公分	2.6	2.7	2.8	2.70	2.4	2.4	2.3	2.37	2.2	2.2	2.2	2.20
80 公分	3.8	4.0	4.0	3.93	3.8	3.8	3.9	3.83	3.4	3.4	3.5	3.43
120 公分	7.2	7.2	7.3	7.23	4.8	4.8	4.9	4.83	4.5	4.6	4.7	4.60

重力值單位：公斤重



(4) 雞蛋實驗結果：泡棉緩衝實驗結果照片如下：

實驗高度 120 公分	3 cm-雞蛋蛋殼龜裂	6 cm-雞蛋沒破	9 cm-雞蛋沒破

根據上述實驗，可以證明高度愈高，位能愈大，使拉壓力計所受到的重力值愈大。實驗數據也會隨著拋擲高度增加而增加，高度間的變化造成受力間的差異約為 1.2 公斤重。

在緩衝材料厚度方面，重力數據隨厚度遞減，但因皆已達到完全緩衝的極限，故差異不大，只有在 3 公分厚，高度 120 公分時，因厚度不足完全緩衝而數值較大且造成蛋殼龜裂，其於均可以保護蛋，使之完整不破。

2. 實驗二：記憶枕的吸收撞擊情形實驗

(1) 實驗材料：記憶枕與高爾夫球照片呈現說明。

實驗物-記憶枕 3 公分	實驗物-記憶枕 6 公分	實驗物-記憶枕 9 公分	高爾夫球 50 公克

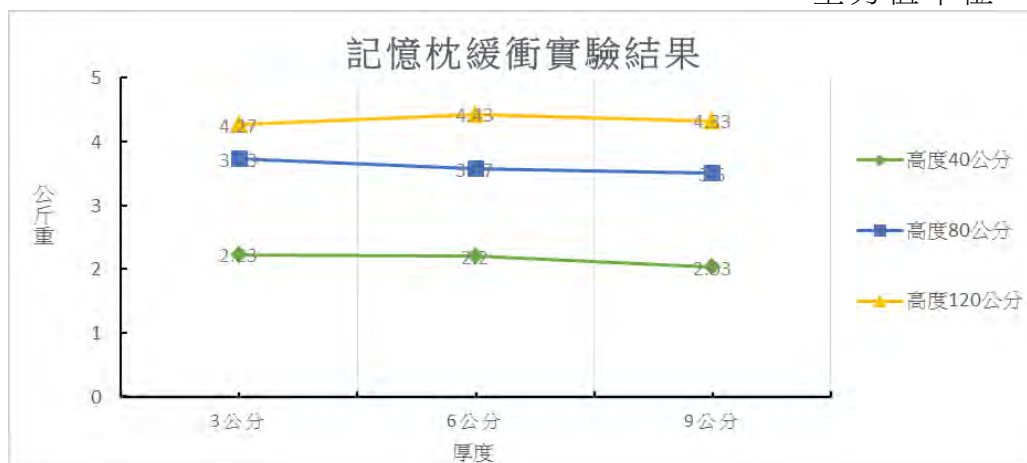
(2) 實驗過程：以高度 120 公分的照片為例呈現說明。

實驗高度 120 公分	3 cm 實驗值 4.3kg	6 cm 實驗值 4.4kg	9 cm 實驗值 4.4kg

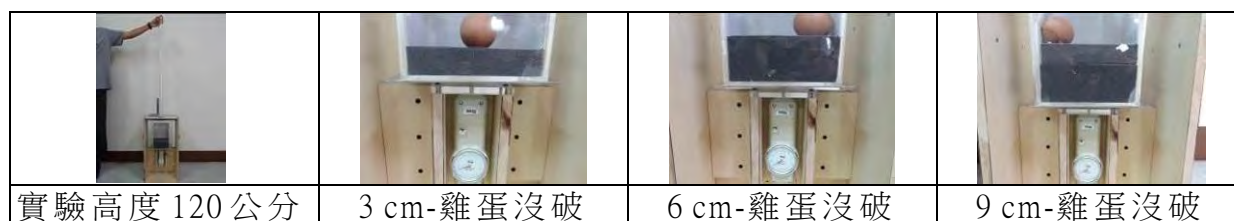
(3) 實驗結果：記憶枕緩衝實驗結果取其中三次數據的統計圖表如下：

記憶枕厚度 重力值 高度	3公分				6公分				9公分			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
40公分	2.2	2.2	2.3	2.23	2.2	2.2	2.2	2.20	2.1	2.0	2.0	2.03
80公分	3.7	3.8	3.7	3.73	3.6	3.6	3.5	3.57	3.4	3.6	3.5	3.50
120公分	4.2	4.3	4.3	4.27	4.4	4.4	4.5	4.43	4.3	4.3	4.4	4.33

重力值單位：公斤重



(4) 雞蛋實驗結果：記憶枕緩衝實驗照片如下：

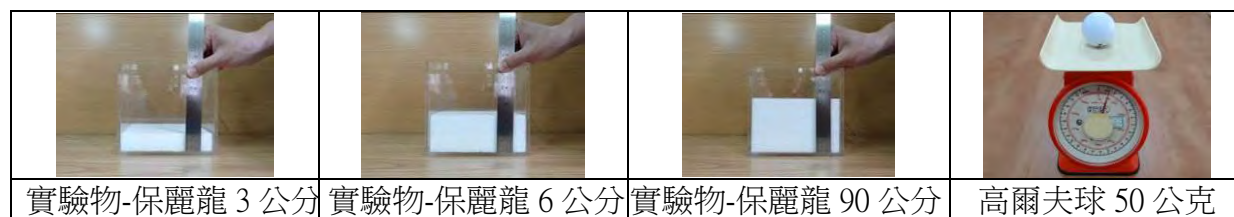


根據上述實驗，高度部份影響與前實驗同，高度間的變化造成受力間的差異 40 至 80cm 約為 1.5 公斤重、80 至 120cm 約為 0.8 公斤重，對拉壓力計彈簧造成壓縮形變。各厚度的記憶枕都可以保護蛋，使之完整不破。





在緩衝物厚度方面，重力數值亦隨厚度遞減，但因皆已達到完全緩衝的極限，故差異不大。

3. 實驗三：保麗龍的吸收撞擊情形實驗

(1) 實驗材料：保麗龍與高爾夫球照片呈現說明。



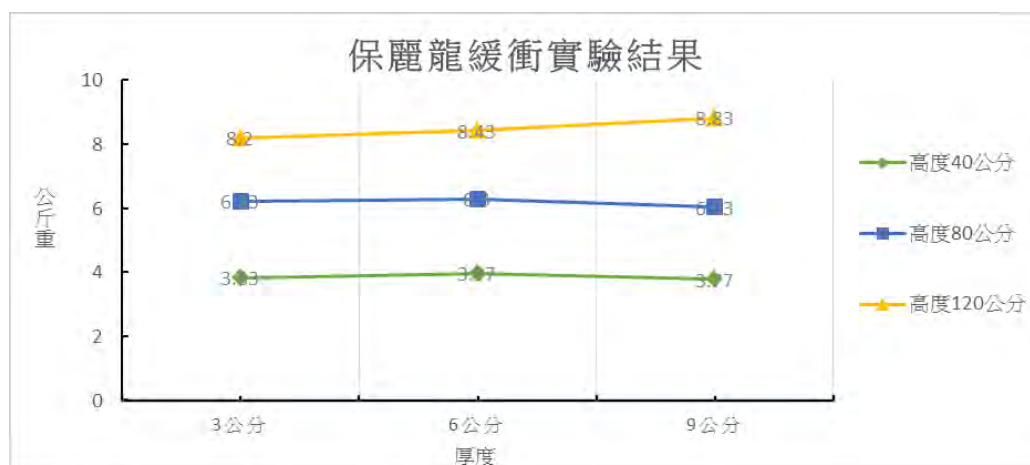
(2) 實驗過程：以高度 120 公分的照片為例呈現說明。

			
實驗高度 120 公分	3 cm 實驗值 8.2kg	6 cm 實驗值 8.4kg	9 cm 實驗值 8.8kg

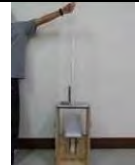



(3) 實驗結果：保麗龍緩衝實驗結果取其中三次數據的統計圖表如下：

保麗龍厚度 重力值 高度	3 公分				6 公分				9 公分			
	第一 次	第二 次	第三 次	平均 值	第一 次	第二 次	第三 次	平均 值	第一 次	第二 次	第三 次	平均 值
40 公分	3.8	3.8	3.9	3.83	4.0	4.0	3.9	3.97	3.8	3.8	3.7	3.77
80 公分	6.2	6.3	6.2	6.23	6.2	6.3	6.4	6.30	6.0	6.0	6.1	6.03
120 公分	8.1	8.2	8.3	8.20	8.4	8.5	8.4	8.43	8.8	8.8	8.9	8.83

重力值單位：公斤重



(4) 雞蛋實驗結果：保麗龍緩衝實驗照片如下：





			
實驗高度 120 公分	3 cm-雞蛋沒破	6 cm-雞蛋沒破	9 cm-雞蛋沒破

根據上述實驗，高度部份影響與前實驗同，高度間的變化造成受力間的差異 40 至 80cm 約為 2.4 公斤重、80 至 120cm 約為 2.1 公斤重，對拉壓力計彈簧造成壓縮形變。各厚度的保麗龍都可以保護蛋，使之完整不破。





在緩衝物厚度方面，重力數值因皆已達到完全緩衝的極限，故差異不大。

4. 實驗四：太白粉加水的吸收撞擊情形實驗

(1) 實驗材料：太白粉加水與高爾夫球照片呈現說明。

			
實驗物-太白粉加水 3 公分	實驗物-太白粉加水 6 公分	實驗物-太白粉加水 9 公分	高爾夫球 50 公克

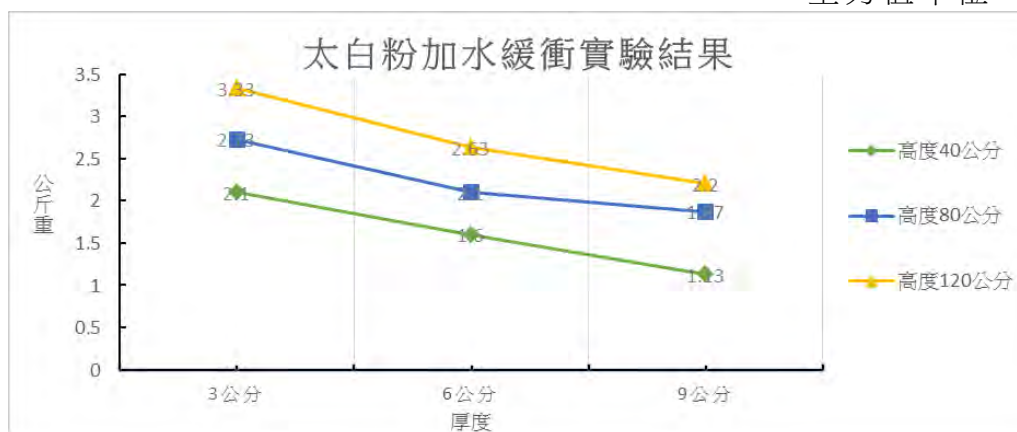
(2) 實驗過程：以高度 120 公分的照片為例呈現說明。

			
實驗高度 120 公分	3 cm 實驗值 3.3kg	6 cm 實驗值 2.6kg	9 cm 實驗值 2.2kg

(3) 實驗結果：太白粉加水緩衝實驗結果取其中三次數據的統計圖表如下：

太白粉厚度 \ 重力值 \ 高度	3 公分				6 公分				9 公分			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
40 公分	2.1	2.1	2.1	2.10	1.6	1.6	1.6	1.60	1.1	1.2	1.1	1.13
80 公分	2.7	2.8	2.7	2.73	2.1	2.1	2.1	2.10	1.9	1.9	1.8	1.87
120 公分	3.4	3.3	3.3	3.33	2.6	2.6	2.7	2.63	2.2	2.2	2.2	2.20

重力值單位：公斤重


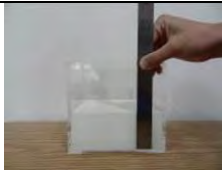




根據上述實驗，可以明顯了解到太白粉加水的緩衝效果較固體部份之材料佳，且在三種高度下的緩衝值也較相近，有效的達到緩衝的效果。而且實驗材料會黏住高爾夫球，使其不會因反彈力道而撞擊到平台。各厚度的太白粉加水都可以保護蛋，使之完整不破。





在緩衝物厚度方面，重力數值隨厚度遞減，但因皆已達到完全緩衝的極限，故差異不大。

5. 實驗五：玉米粉加水的吸收撞擊情形實驗

(1) 實驗材料：玉米粉加水與高爾夫球照片呈現說明。

			
實驗物-玉米粉加水 3 公分	實驗物-玉米粉加水 6 公分	實驗物-玉米粉加水 9 公分	高爾夫球 50 公克

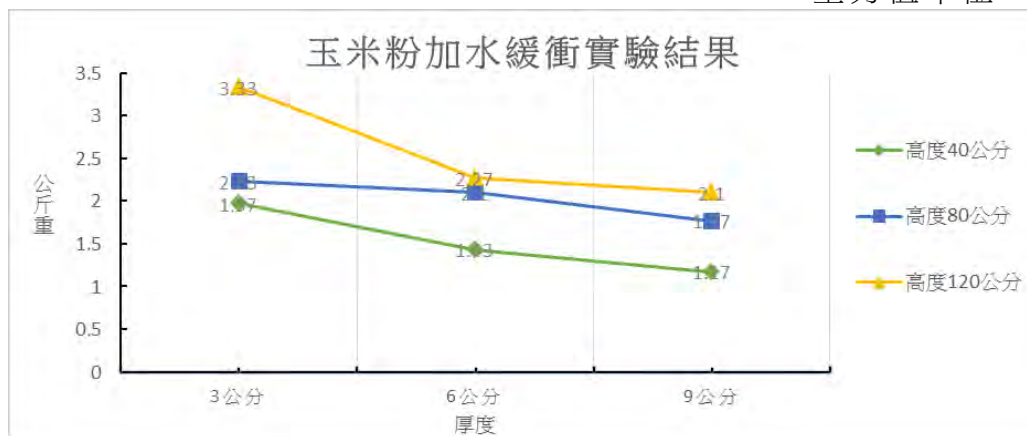
(2) 實驗過程：以高度 120 公分的照片為例呈現說明。

			
實驗高度 120 公分	3 cm 實驗值 3.4kg	6 cm 實驗值 2.3kg	9 cm 實驗值 2.1kg

(3) 實驗結果：玉米粉加水緩衝實驗結果取其中三次數據的統計圖表如下：

高度	玉米粉厚度 3 公分				6 公分				9 公分			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
40 公分	2.0	2.0	1.9	1.97	1.4	1.4	1.5	1.43	1.2	1.1	1.2	1.17
80 公分	2.3	2.2	2.2	2.23	2.1	2.1	2.1	2.10	1.8	1.7	1.8	1.77
120 公分	3.4	3.4	3.2	3.33	2.2	2.3	2.3	2.27	2.1	2.1	2.1	2.10

重力值單位：公斤重



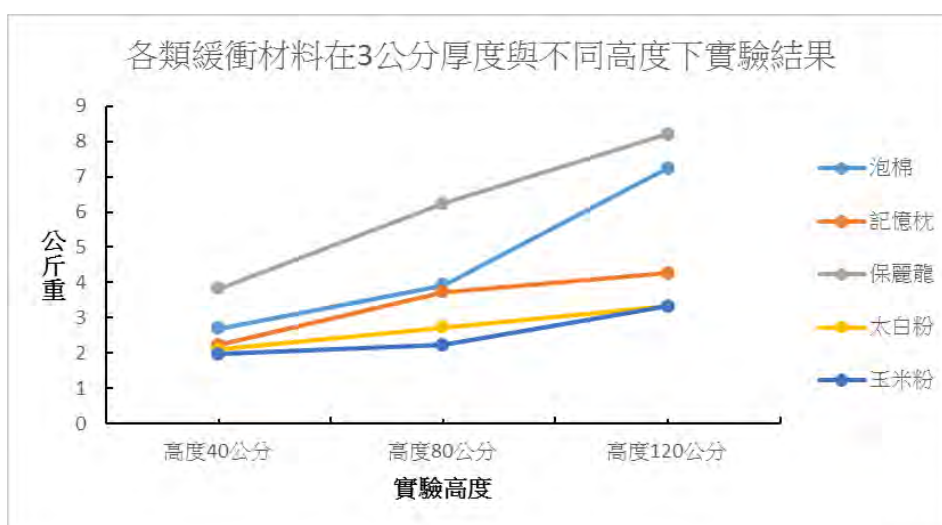
根據上述實驗，因為是液體，緩衝值較穩定，緩衝效果還是較固體佳，但沒有上一個實驗好。與太白粉加水相同，玉米粉加水在受到撞擊後，也能使高爾夫球不會反彈。各厚度的玉米粉加水都可以保護蛋，使之完整不破。

在緩衝物厚度方面，重力數值隨厚度遞減，但因皆已達到完全緩衝的極限，故差異不大。

6. 經由前述五項實驗，得知各類型緩衝材料在相同厚度與不同高度下的實驗結果，數據圖表如下：

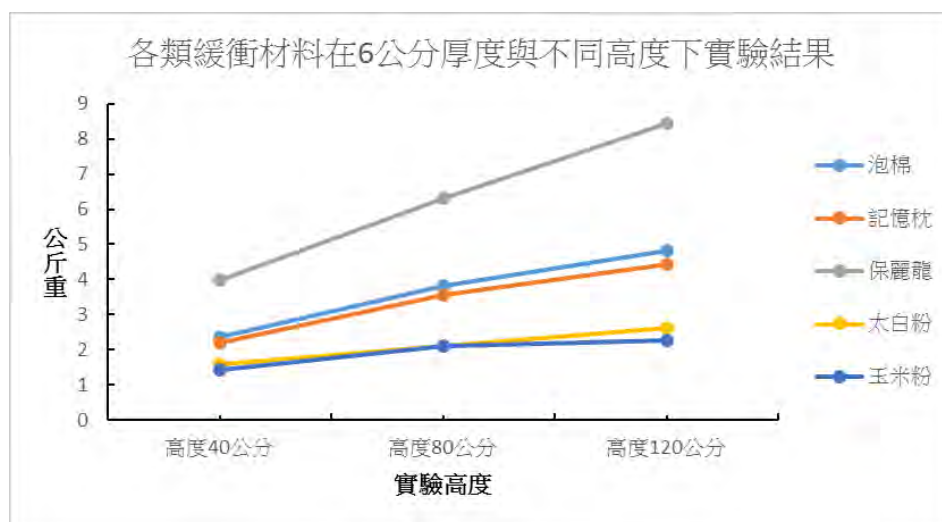
材料厚度		3 公分				
		泡棉	記憶枕	保麗龍	太白粉	玉米粉
重力值 實驗高度	40 公分	2.70	2.23	3.83	2.10	1.97
	80 公分	3.93	3.73	6.23	2.73	2.23
	120 公分	7.23	4.27	8.20	3.33	3.33

重力值單位：公斤重



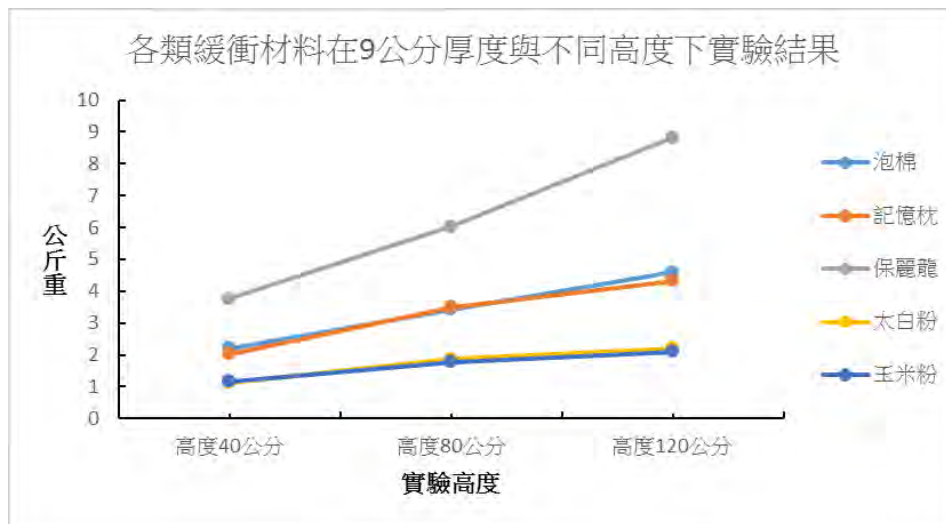
材料厚度		6 公分				
		泡棉	記憶枕	保麗龍	太白粉	玉米粉
重力值 實驗高度	40 公分	2.37	2.20	3.97	1.60	1.43
	80 公分	3.83	3.57	6.30	2.10	2.10
	120 公分	4.83	4.43	8.43	2.63	2.27

重力值單位：公斤重



材料厚度		9 公分				
		泡棉	記憶枕	保麗龍	太白粉	玉米粉
重力值	實驗高度					
	40 公分	2.20	2.03	3.77	1.13	1.17
	80 公分	3.43	3.50	6.03	1.87	1.77
	120 公分	4.60	4.33	8.83	2.20	2.10

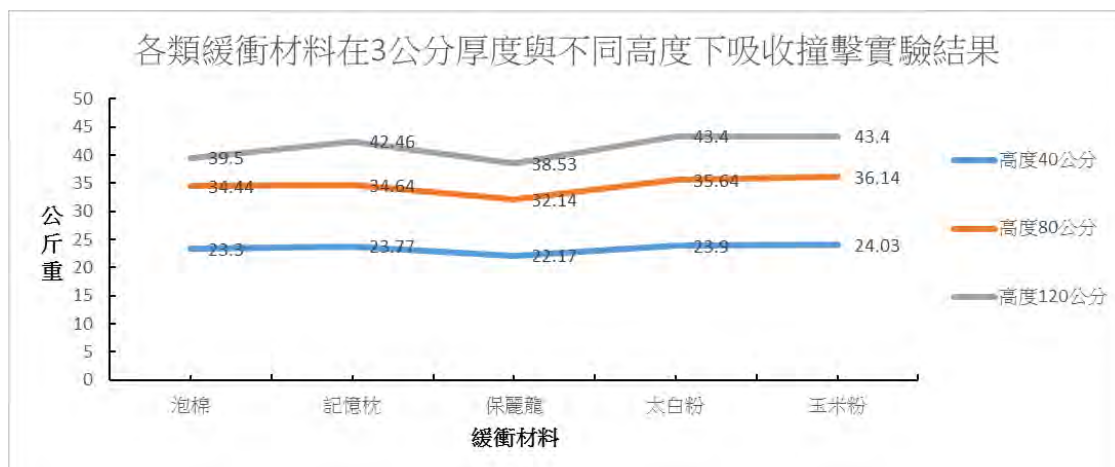
重力值單位：公斤重



7. 前置實驗結果減去緩衝實驗數據定義為吸收能量，得知各種緩衝材料吸收撞擊的實驗結果，數據圖表如下：

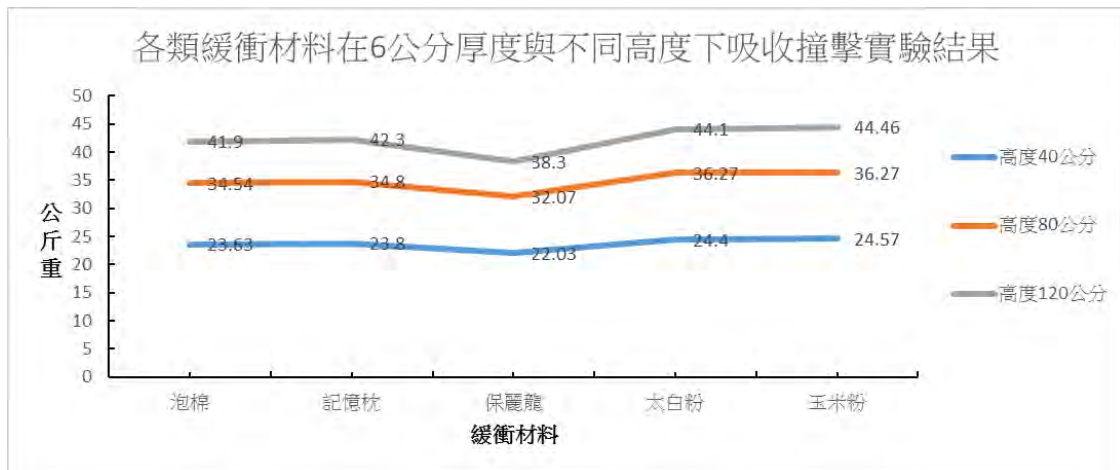
材料厚度		3 公分				
		泡棉	記憶枕	保麗龍	太白粉	玉米粉
重力值	實驗高度					
	40 公分	23.30	23.77	22.17	23.90	24.03
	80 公分	34.44	34.64	32.14	35.64	36.14
	120 公分	39.50	42.46	38.53	43.40	43.40

重力值單位：公斤重



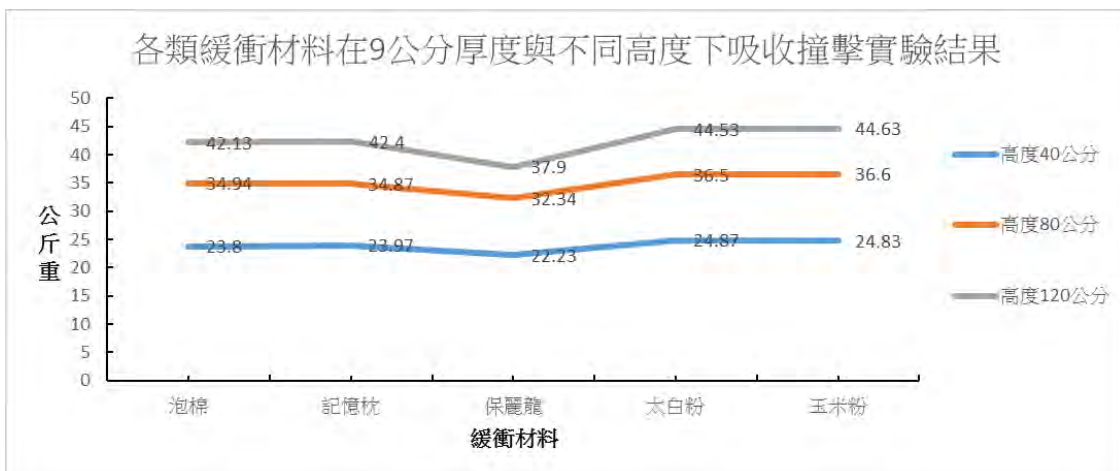
材料厚度 重力值 實驗高度		6 公分				
		泡棉	記憶枕	保麗龍	太白粉	玉米粉
40 公分		23.63	23.80	22.03	24.40	24.57
80 公分		34.54	34.80	32.07	36.27	36.27
120 公分		41.90	42.30	38.30	44.10	44.46

重力值單位：公斤重



材料厚度 重力值 實驗高度		9 公分				
		泡棉	記憶枕	保麗龍	太白粉	玉米粉
40 公分		23.80	23.97	22.23	24.87	24.83
80 公分		34.94	34.87	32.34	36.50	36.60
120 公分		42.13	42.40	37.90	44.53	44.63

重力值單位：公斤重



經由前置實驗所得高爾夫球自由落體撞擊受力數據減去各類型實驗材料在不同厚度與不同高度下的吸收撞擊實驗數據，數據越大代表吸收撞擊能量越高，緩衝效果越好。

在固定高度下，液體的效果為佳，但使用較不方便。固體中，保麗龍偏向彈性碰撞，整體效果較差，偏非彈性碰撞的泡棉與記憶枕為優。而在相同材質下，不同的拋擲高度則會隨高度的增加而重力變強。

在實驗過程中，我們發現不同的緩衝厚度因為都已超過完全緩衝所需，因此影響很小。

三、固體實驗材料在兩種素材相疊在一起會不會有加乘緩衝效果之關係

因固體材料較適合應用的緣故，選擇前實驗中三種為固體的材料進一步實驗。取兩種材料做上下排列形成不同組合作為操縱變因，測量及分析緩衝後重力值，並與單一實驗材料做比較。

(一) 實驗流程

1. 實驗材料：高爾夫球、雞蛋 50g；泡棉、記憶枕、保麗龍其厚度各為 3 cm。
2. 實驗高度：使用直角規進行壓克力管 120cm 的架設與垂直校正。
3. 實驗數據：去最大最小值後取其中三次數據計算平均值。
4. 實驗操作：使高爾夫球於壓克力管上端，受地心引力而垂直墜落於拉壓力計中心點，且記錄其產生的撞擊數據，對之加以分析與探討。




(二) 其各類型實驗材料以不同方式相疊吸收撞擊情形實驗與探討如下：

1. 實驗一：實驗泡棉與記憶枕相疊之吸收撞擊效果

(1) 實驗材料：海綿、記憶枕與高爾夫球照片呈現說明。

		
實驗物-上層泡棉，下層記憶枕各 3 公分	實驗物-上層記憶枕，下層泡棉各 3 公分	高爾夫球 50 公克

(2) 實驗過程：以高度 120 公分的照片呈現說明。

材料 實驗高度	實驗模組照片	上層泡棉，下層記憶枕	上層記憶枕，下層泡棉
120 公分			

(3) 實驗結果：泡棉與記憶枕相疊緩衝實驗結果取其中三次數據的統計表如下：

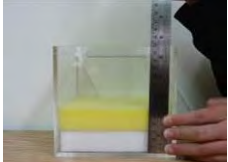
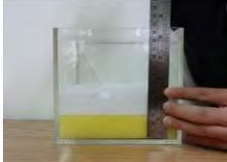

重力值 實驗高度	材料		上層泡棉，下層記憶枕				上層記憶枕，下層泡棉			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值		
120 公分	4.5	4.4	4.4	4.43	4.3	4.4	4.4	4.37		

重力值單位：公斤重

根據上述實驗結果，發現實際上雙層相疊結果並無較佳，而蛋在撞擊後並無破裂。

2. 實驗二：實驗泡棉與保麗龍相疊之吸收撞擊效果

(1) 實驗材料：海綿、保麗龍與高爾夫球照片呈現說明。

		
實驗材料-上層泡棉，下層保麗龍各 3 公分	實驗材料-上層保麗龍，下層泡棉各 3 公分	高爾夫球 50 公克

(2) 實驗過程：以高度 120 公分的照片呈現說明。

材料 實驗高度	實驗模組照片	上層泡棉，下層保麗龍	上層保麗龍，下層泡棉
120 公分			

(3) 實驗結果：泡棉與保麗龍相疊緩衝實驗結果取其中三次數據統計表如下：




重力值 實驗高度	材料		上層泡棉，下層保麗龍				上層保麗龍，下層泡棉			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值		
120 公分	5.5	5.4	5.5	5.47	8.2	8.0	8.0	8.07		

重力值單位：公斤重

根據上述實驗結果，發現實際上雙層相疊結果並無較佳，而蛋在撞擊後也無破裂。

3. 實驗三：實驗記憶枕與保麗龍相疊之吸收撞擊效果

(1) 實驗材料：記憶枕、保麗龍與高爾夫球照片呈現說明。

		
實驗材料-上層記憶枕 下層保麗龍各 3 公分	實驗材料-上層保麗龍 下層記憶枕各 3 公分	高爾夫球 50 公克

(2) 實驗過程：以高度 120 公分的照片呈現說明。

材料 實驗高度	實驗模組照片	上層記憶枕，下層保麗龍，實驗值	上層保麗龍，下層記憶枕，實驗值
120 公分			

(3) 實驗結果：記憶枕與保麗龍相疊緩衝實驗結果取其中三次數據統計表如下：

重力值 實驗高度	材料	上層記憶枕，下層保麗龍				上層保麗龍，下層記憶枕			
		第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
120 公分		4.9	5.0	4.8	4.90	8.1	8.0	7.8	7.97

重力值單位：公斤重

根據上述實驗結果，發現實際上雙層相疊結果並無較佳，但上層放保麗龍效果較放下層差，而蛋在撞擊後並無破裂。

(4) 經由前述實驗，得知在高度 120 公分下，固體緩衝材料在兩種素材相疊時會不會有加乘緩衝之實驗結果，統計表如下：

重力值 實驗材料	材料厚度	6 公分		
		泡棉	記憶枕	保麗龍
原材料		4.90	4.43	8.43
上層泡棉，下層記憶枕		4.43		
上層記憶枕，下層泡棉			4.37	
上層保麗龍，下層泡棉				8.07
上層泡棉，下層保麗龍		5.47		
上層記憶枕，下層保麗龍			4.90	
上層保麗龍，下層記憶枕				7.97

重力值單位：公斤重

根據上述實驗結果，發現實際上雙層相疊結果並無較佳，但上層放保麗龍效果較放下層差，整體而言，效果為原來兩種材料的平均。

四、兩固體實驗材料間利用保麗龍球、鼻涕蟲、磁鐵等物相間隔緩衝之效果

為進一步降低緩衝重力值，於是在中間增加了保麗龍球、鼻涕蟲、磁鐵，透由產生緩衝的空間、液體的包覆性及相反磁極的相斥力，使衝擊能量因上述而減到最小值。




(一) 實驗流程

1. 實驗材料：高爾夫球 50g；泡棉、記憶枕其厚度各為 3 cm，保麗龍球（小、中、大）、鼻涕蟲、磁鐵。
2. 實驗高度：使用直角規進行壓克力管 120cm 的架設與垂直校正。
3. 實驗數據：去最大最小值後取其中三次數據計算平均值。
4. 實驗操作：使高爾夫球於壓克力管上端，受地心引力而垂直墜落於拉壓力計中心點，且記錄其產生的撞擊數據，對之加以分析與探討。

(二) 其各類型實驗材料以不同方式吸收撞擊情形實驗與探討如下：

1. 實驗一：實驗泡棉與記憶枕間利用保麗龍球製造緩衝空間後之吸收撞擊效果

(1) 實驗材料：泡棉、記憶枕與高爾夫球照片呈現說明。

		
實驗材料-上層泡棉下層記憶枕各 3 公分	實驗材料-上層記憶枕下層泡棉各 3 公分	高爾夫球 50 公克

(2) 實驗過程：以高度 120 公分的保麗龍球（中）照片為例呈現說明。

材料球大小	實驗模組照片	上層泡棉，下層記憶枕	上層記憶枕，下層泡棉
保麗龍球（中）			

(3) 實驗結果：泡棉與記憶枕相疊緩衝實驗結果取其中三次數據統計表如下：

材料 重力值 球大小	上層泡棉，下層記憶枕				上層記憶枕，下層泡棉			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
小球四角	4.2	4.3	4.1	4.20	4.5	4.5	4.5	4.50
小球四邊	4.2	4.1	4.2	4.17	4.5	4.5	4.5	4.50
中球四角	2.3	2.2	2.2	2.23	4.5	4.4	4.5	4.47
中球四邊	4.0	4.1	4.1	4.07	4.8	4.8	4.8	4.80
大球四角	2.8	2.8	2.8	2.80	4.9	4.9	4.9	4.90
大球四邊	4.0	4.0	4.0	4.00	4.9	4.9	4.9	4.90

重力值單位：公斤重

根據上述實驗結果，小球因其可撐起的空間小，不同排列影響不大；而中

球、大球可明顯看出四角效果為佳，因下方空間提供足夠反彈空間，造成相近於彈性碰撞的效果，使衝擊的能量又因反彈而削弱，故得此結果。在不同材質中，可發現因泡棉的彈性較記憶枕好，反彈力道較強，所以數據以泡棉為佳，而泡棉在上時下方空間的影響明顯，記憶枕則否。

(4) 由上個實驗的結果，我們選取效果最好的泡棉和記憶枕再進一步實驗，用保麗龍球製造緩衝空間，分散及反彈直接向下的重力，實驗結果，統計表如下：


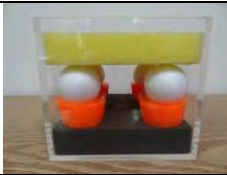

重力值 球大小		材料	
		上層泡棉，下層記憶枕	上層記憶枕，下層泡棉
		平均值	平均值
小球	四角	4.20	4.50
小球	四邊	4.17	4.50
中球	四角	2.23	4.47
中球	四邊	4.07	4.80
大球	四角	2.80	4.90
大球	四邊	4.00	4.90

重力值單位：公斤重

根據上述實驗結果，發現製造足夠的緩衝空間，可使泡棉除了原有因形變產生的側向力外，亦具有產生如彈性碰撞的效果，使緩衝效果增強，而記憶枕因回彈力較差，並無此種現象。

2. 實驗二：實驗泡棉與記憶枕間利用保麗龍球與鼻涕蟲製造緩衝空間後之吸收撞擊效果

(1) 實驗材料：泡棉、記憶枕、高爾夫球及保麗龍球與鼻涕蟲照片呈現說明。

		
實驗材料-上層泡棉下層記憶枕各 3 公分及保麗龍球與鼻涕蟲		高爾夫球 50 公克

(2) 實驗過程：以高度 120 公分的照片呈現說明。

材料 中間材料	實驗模組照片	上層泡棉，下層記憶枕	上層記憶枕，下層泡棉
保麗龍球 與鼻涕蟲			

(3) 實驗結果：泡棉與記憶枕相疊間利用保麗龍球與鼻涕蟲緩衝實驗結果取其中三次數據的統計圖表如下：

重力值 中間材料	材料	上層泡棉，下層記憶枕			
		第一次	第二次	第三次	平均值
	保麗龍球與鼻涕蟲	1.8	1.9	1.8	1.83

重力值單位：公斤重

於前一實驗基礎之上，我們又加入鼻涕蟲來緩衝由保麗龍球傳下來的壓力，一樣藉由類似液體包覆性的方式，分散向下的力量，同時也有增加緩衝高度的效果，使數據又減少約 0.4 公斤重。

3. 實驗三：實驗泡棉與記憶枕間利用保麗龍球、鼻涕蟲與磁鐵製造緩衝空間後之吸收撞擊效果

(1) 實驗材料：泡棉、記憶枕、高爾夫球及保麗龍球、鼻涕蟲與磁鐵照片呈現說明。

		
實驗材料-上層泡棉下層記憶枕各 3 公分及保麗龍球、鼻涕蟲與磁鐵		高爾夫球 50 公克

(2) 實驗過程：以高度 120 公分的照片呈現說明。

材料 中間材料	實驗模組照片	上層泡棉，下層記憶枕	上層記憶枕，下層泡棉
保麗龍球、鼻涕蟲與磁鐵			

(3) 實驗結果：泡棉與記憶枕相疊間利用保麗龍球、鼻涕蟲與磁鐵緩衝實驗結果取其中三次數據的統計表如下：

重力值 中間材料	材料	上層泡棉，下層記憶枕			
		第一次	第二次	第三次	平均值
	保麗龍球、鼻涕蟲與磁鐵	1.5	1.5	1.6	1.53

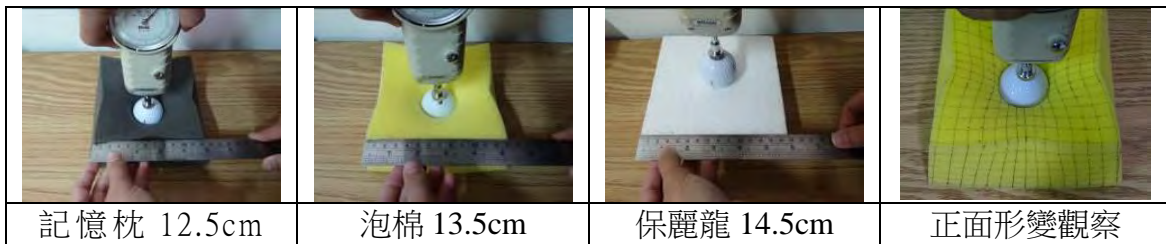
重力值單位：公斤重

由上個實驗再加上磁鐵的斥力，形成中空的懸浮層，使之由上方傳下來的衝擊力又再經過磁力的抵抗，實驗數據達整個實驗過程的最小值。

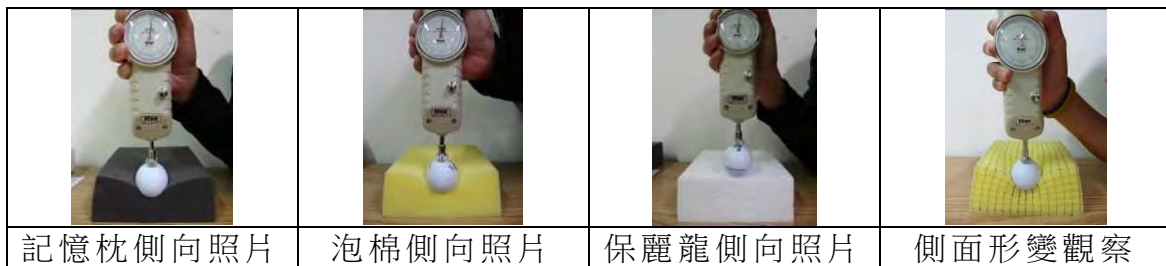
陸、討論

一、各固體材質緩衝效果之間差異的生成原因為何？

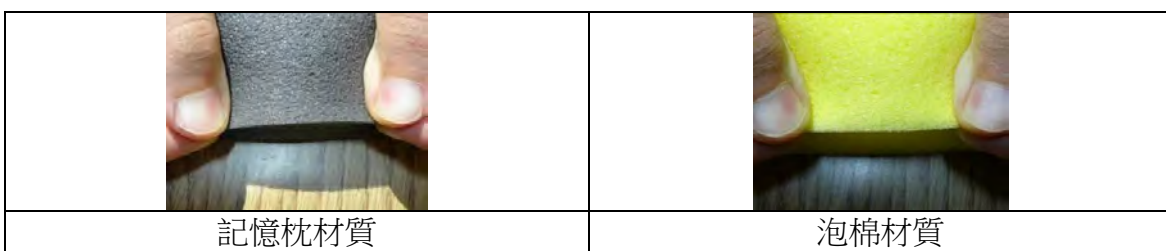
(一) 在相同受力的情況下，由於物質結構各方異向性(anisotropic)的特性，側向切應力(shear stress)造成物質非線性形變，我們量測物體受正向力產生最大形變時，邊長兩角的直線距離。記憶枕受力後，從 14.5 變成 12.5cm；泡棉受力後，從 14.5 變成 13.5cm；保麗龍受力後不變。



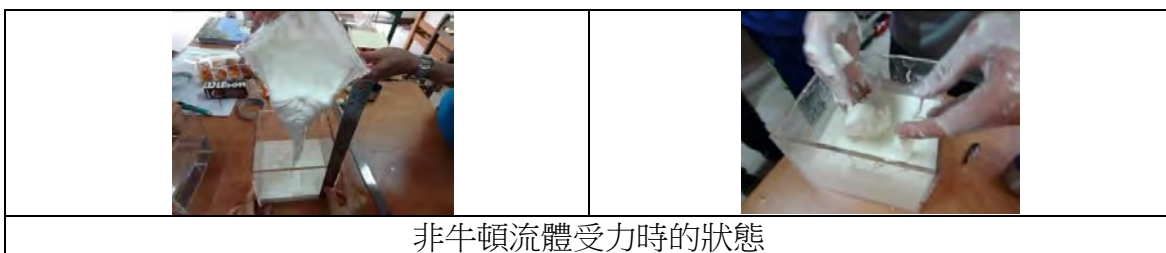
(二) 在相同的壓力下，記憶枕的形變較大，泡棉次之，保麗龍則幾無變化。形變較大使得其欲回彈而產生的側向力較大，因此分散了向下的重力。



(三) 記憶枕的組織排列較緊密，拉緊時較易看出橫向條紋，泡棉組織拉緊時較不易看出結構異向性。因此，當受力時，記憶枕組織橫向拉力較縱向拉力強，所以記憶枕有較佳側向吸收能量的能力。



(四) 液體材質緩衝效果之生成原因為何？



非牛頓流體的特性之一，即在遇到瞬間力量時，受力位置的粒子會聚合而硬化變成如同固體一般(如上圖)，其餘則維持液體狀態。因此，向下的力量就被其他方向的液體

吸收，使得能量被分散，達到緩衝的效果。

二、實驗雞蛋、高爾夫球、石頭物體自由落體所產生的衝擊力道。

就雞蛋而言，掉落後會破裂，而破裂後內部液體會向四處噴濺，造成重力變為斜向，實際向下的力量即減弱。

高爾夫球為經過設計，使表面坑洞減少摩擦力的球體，且本身材質較容易反彈，撞擊面也較為均勻，故產生的重力數據較小且平均。

石頭質地緻密，且較無彈性，實際產生的重力就較大，而且形狀不均勻，每次得到的數據有些差異。

因此，我們選擇高爾夫球為我們實驗中的撞擊物體。

三、實驗泡棉、記憶枕、保麗龍、太白粉加水及玉米粉加水五種緩衝材料，接受由不同高度落下的實驗物體時，所產生的撞擊力道，探討其緩衝效果並比較之間的差異性。

泡棉、記憶枕偏向非彈性碰撞，就其物體回彈高度可知其反彈的能量無彈性碰撞佳，但藉由產生的形變提供側向力抵銷向下的重力，整體效果較佳。

保麗龍因材質較硬，偏向彈性碰撞，可將較多能量反彈(反應在回彈高度)，但剩餘能量則會直接傳送向下，故整體效果最差。

玉米粉&太白粉加水為黏稠液體，但因為非牛頓流體，初受撞擊時會如同固體般抵擋撞擊，在液體中粒子聚集形成固體時就已吸收衝擊力。

四、經由實驗結果探討固體與液體部份厚度與緩衝效果之關係

就液態兩種材料之實驗數據，在高度相同時，越厚效果的確較好；固體則不一定，但因實驗的厚度都已超過完全緩衝所需，故差異都不大。

五、經由固體實驗材料在兩種素材相疊在一起會不會有加乘緩衝效果之分析

(一) 以保麗龍而言，材質較硬，和另兩種相疊，其效果較本身好。

(二) 泡棉及記憶枕，使其二者相疊，雖沒有顯著的變好，但仍為其中較佳者。

(三) 接觸面選擇較軟的材質，緩衝的效果相對佳。

六、實驗泡棉與記憶枕間利用保麗龍球、鼻涕蟲與磁鐵製造緩衝空間後之吸收撞擊效果

當空間足夠時可造成相近於彈性碰撞的效果，使衝擊的能量因反彈而削弱，加上泡棉本身可產生的側向力，故吸收撞擊效果更佳。

而鼻涕蟲如同另一層緩衝，利用液體的包覆性分散力量，磁鐵則結合相

斥磁力的物理現象，將緩衝的可能擴大至不同領域，也使實驗結果漸趨理想的最小值。

七、探討在不同環境、狀況下適合應用的材料。應用在生活裡較易發生碰撞的地方，如學習場所、兒童娛樂場所、老人養護中心、極限運動、地震防護…等或是保護生活中易碎物品，以降低傷害及損壞事件的發生。

(一) 學校、娛樂、養護中心，在直角尖銳處建議放較硬的泡棉或較厚的軟海綿以避免傷害，在整片牆壁時，宜利用像記憶枕之性質的材料來防撞。

(二) 地震時，地震墊或地震防撞帽、防撞衣，皆可配合泡棉或記憶枕等較佳材料來避免傷害，若可配合緩衝空間的設計，將可更加大幅吸收撞擊力，減少傷亡人數！

柒、結論

就單層防護材質來說，記憶枕接近非彈性碰撞的材質特性，可使撞擊物深陷並使向下作用力大部份轉為側向力，效果最好。就雙層防護材質來說，直接相疊不會產生更好的緩衝結果，必須在中間加入空間，並於上層使用具較佳彈性的泡棉產生相似於彈性碰撞的效果，空間中亦可再加入緩衝物或其餘具相同效果之物理方法，使得其效果在整個實驗中達到最好。

液體部份在實驗中效果優於固體，但受限於存放不易，或許可用化學的方式將保存期限拉長、使用不易外漏且彈性好的材料包覆，以解決其問題。

透過我們的實驗結果，用簡單的物理學概念，來闡釋現今常用緩衝材料的原理，並歸納出可幫助緩衝的各項原因，進而創造有利因素，結合簡單材料發揮其最大效用，運用於生活中，無論是在保護或防災方面均可提升現有功能。

我們將實驗相關數據、照片等資料紀錄下來，以供爾後教育場所作為教學輔助工具之應用及保護和防災器材製作時的參考依據，建立全方位的守護空間，以保障人民的生命安全。

本實驗目的主要是減低物體下降撞擊力的影響，我們實驗設計重點主要有二：一是將物體下降產生的動能經由近於碰撞彈性體，將能量回傳給撞擊物體本身；二是設計傳給被撞物體的能量，經由非線性液體或氣體擾動，將能量往側邊(即垂直重力方向)傳遞，此結果顯示拉壓力計測得的重力由 46.73 公斤重可降至 1.53 公斤重，達到有效減低撞擊正向力的目的。在這基礎上我們未來的研究工作重點有二：(1)自製避震器：利用對流將動能轉換為熱能，達到減震的效果，並減低向下的正向力。(2)自製電磁阻尼器(damper)：當強力磁鐵通過鋁管時，

會在內部產生感應電動勢(induced emf)及渦電流(eddy current)。此渦電流產生的磁場會抵抗磁鐵落下的運動，而將物體下降產生的動能轉換成鋁管的熱能。我們期望以上這二種設計，藉由能量轉換，能將向下衝力減至最低，甚至趨近零。

捌、參考資料

- 一、南一版第一冊第三章物體的運動-牛頓運動定律 P50~P63
- 二、南一版第一冊第四章物體間基本交互作用重力 P82~P85
- 三、南一版第一冊第七章能量力學能的形式與轉換 P174~P180
- 四、南一版第二冊第一章運動學-鉛直拋射的自由落體運動 P22~P27
- 五、南一版第二冊第二章牛頓運動定律-牛頓第二運動定律 P52~P59
- 六、南一版第二冊第五章功與能量動能與功能定理 P159~P165
- 七、南一版第二冊第五章功與能量位能 P166~P171
- 八、南一版第二冊第六章碰撞碰撞的描述 P189~P193
- 九、南一版第二冊第六章碰撞正面彈性碰撞 P194~P195
- 十、泡棉材質與特性

<https://baike.baidu.com/item/%E6%B3%A1%E6%A3%89>

<http://www.mmefoam.com/product.html>

- 十一、記憶枕材質與特性

<https://kknews.cc/zh-tw/home/89rr88n.html>

<https://read01.com/zh-tw/2xOEkj.html#.WrjxNC5ubIU>

- 十二、保麗龍成分特色

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%81%9A%E8%8B%AF%E4%B9%99%E7%83%AF>

http://www.nanyang1968.com.tw/web/bbs/board.php?bo_table=product&wr_id=1

- 十三、關於非牛頓流體特色

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9D%9E%E7%89%9B%E9%A0%93%E6%B5%81%E9%AB%94>

<http://www.ntcu.edu.tw/scigame/water/water-011.html>

- 十四、中央氣象局

<https://scweb.cwb.gov.tw/NewsContent.aspx?ItemId=10&CId=55&loc=tw>

【評語】 051811

主題很清楚，但整個實驗定量的分析不夠，似乎也還沒找到關鍵的物理量，鼓勵再深入一些思考。

為了讓安全更有保障，我們在物理課及創發社中找到實驗題材，並設計與製作實驗模組。首先，前置實驗以雞蛋、高爾夫球與石頭的自由落體撞擊受力的情形，選擇適當實驗物體，並以其重力值作基準；其二、各類緩衝材料（泡棉、記憶枕、保麗龍、非牛頓流體）在不同厚度與不同高度下的吸收撞擊之實驗與探討，並分析之間差異；其三、探究固體實驗材料在兩種素材相疊在一起是否有加乘緩衝效果；其四、於兩材料間利用保麗龍、鼻涕蟲及磁鐵製造緩衝空間，觀察其影響；其五、用得到的實驗數據及簡單物理概念，應用在生活中。本實驗期望藉由結合簡單材料發揮最大效用，提供社會大眾製作相關防災及防護器具之參考，建立全方位的守護措施，以保障人民的生命安全。

壹、研究動機

臺灣地處於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊相互碰撞之交接處，根據中央氣象局自1991~2016年的觀測資料顯示，台灣地區平均每年發生1,000次有感地震(中央氣象局, 105)。其中，九二一大地震以及這兩年接連發生高雄美濃、花蓮三次芮氏規模分別為7.3、6.6及6.4的強震，各造成二千多人、117人及17人的死亡。由上述可知，大自然的力量是不容小覷。

陳逸燭(2002)的研究顯示，九二一死亡人數中，顱內損傷致死有639人，僅次於窒息死亡的713人。而死亡外傷型態以頭部外傷43%為最多，受傷的部位以頭頸部69%為最多。可見頭部外傷是造成人們在地震中死亡的主要原因之一，在地震發生時，如能注意到頭部的保護避免頭部受傷，才能增加存活的機率。為了提升校園民眾防災自救逃生能力，市面上也出現許多如防災頭套等相關防護器具，然而，哪一種緩衝材料適合做為這些防護器具的內容物?是我們想探究的。

另外，老人家及孩童行動最怕跌倒，交通安全事故中常是強烈撞擊發生導致傷亡。人命關天，生命是我們首要思考的問題，有何辦法可減緩撞擊所造成的傷害嗎?

在學校的物理課程及創意發想研究社中，談到受力會使物體產生形變，而受力的能量會被形變增加的彈力位能吸收。市面上常使用的防護材料，都具有減弱衝力的效果。然而，各種材料的效果差別何在?多種的素材相疊在一起會不會有加乘效果?有一次在破解網路流行的節目裡，介紹了「非牛頓流體」，其黏度會隨衝力而改變，所以在受到衝撞後會瞬間從液體轉為固體，以達到保護之效果。於是我們想實驗看看「非牛頓流體」是否適合當緩衝材料的材質呢?另外，市面上販售的「鼻涕蟲」是否可以當作我們的緩衝材質呢?

綜合上述，我們希望透過更深入的實驗、研究與探討，找出適合的緩衝材料，提供社會大眾製作相關防災及防護器具之參考，並製作成相關產品，為社會盡一份心力。

貳、研究目的

- 一、實驗模組設計與製作。
- 二、實驗雞蛋、高爾夫球、石頭物體自由落體所產生的衝擊力道。
- 三、實驗各類型緩衝材料(泡棉、記憶枕、保麗龍、非牛頓流體)在不同厚度與不同撞擊高度下的吸收撞擊情形，以探討其緩衝效果並比較之間的差異性。
- 四、實驗兩種固體緩衝材料相疊在一起，加乘緩衝效果之探討。
- 五、實驗兩種固體緩衝材料間，利用保麗龍球、鼻涕蟲、磁鐵製造緩衝空間，探討其加乘緩衝效果。
- 六、研究數據提供社會製作相關防災及防護器具之參考，並製作成相關產品應用在生活裡較易發生碰撞的地方，如學校、兒童娛樂場所、老人養護中心、極限運動、交通設施、地震防護...等，以降低傷害的發生。

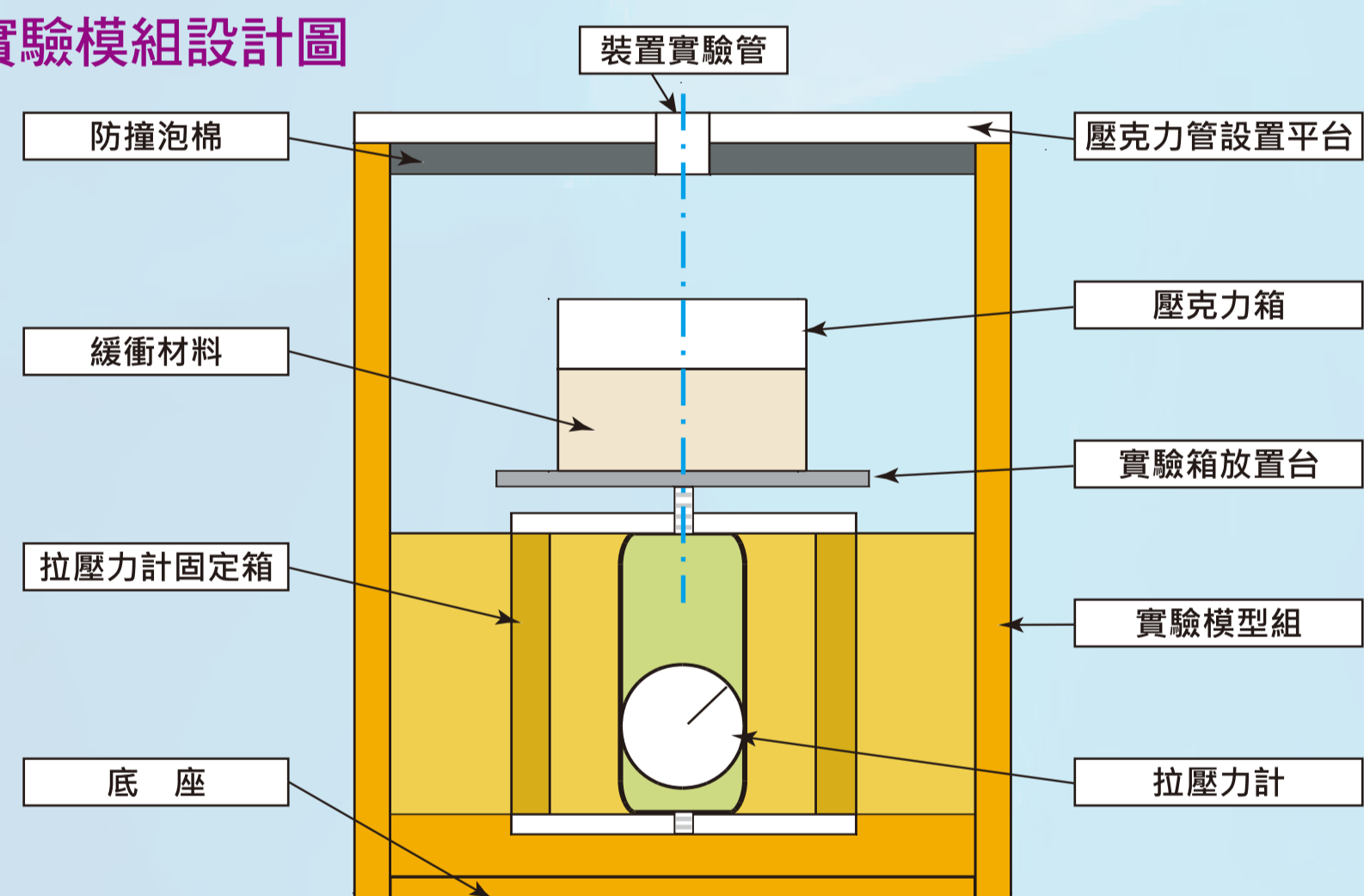
參、研究設備及器材

一、實驗模組設計與製作

(一) 實驗模組設計原理

運用萬有引力定律，使物體以自由落體的形式掉落。利用塑膠管使擲物點與拉壓力計中心呈垂直一直線，以達到每次掉落的撞擊點相同，讓實驗數據更為精確。

(二) 實驗模組設計圖



(三) 實驗模組製作組裝過程簡略照片如下：



二、相關設備與器材

- 一、大型工具：圓鋸機、圓盤砂帶機、桌上型鑽孔機等。
- 二、小型工具：各類型銼刀、金工鋸子、一字及十字型螺絲起子、直尺、直角規、尖嘴鉗、斜口鉗、針筆、角度儀、虎鉗、桌上型虎鉗、鐵槌、美工刀等。
- 三、相關材料：壓克力、木板、鐵板。
- 四、實驗儀器：50KG拉壓力計。
- 五、實驗模組：壓克力箱六個、壓克力管長度分別為40cm、80cm、120cm各一。
- 六、撞擊物之實驗材料：雞蛋、石頭、高爾夫球。
- 七、緩衝材料：泡棉、記憶枕、保麗龍、太白粉加水、玉米粉加水、保麗龍球、鼻涕蟲及磁鐵等。
- 八、相關設備與器材簡略照片說明如下：



一、研究方法

(一) 理論說明

1. 彈性碰撞：無外力作用下，碰撞前後系統動量守恆、總動能相同，碰撞前接近速率等於碰撞後遠離速率，稱為彈性碰撞。如：撞球檯上的撞球。以一維運動而言，兩物體碰撞前速度為 v_1 和 v_2 ，經由

$$\text{動量守恆： } m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$\text{能量守恆： } \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

可推得碰撞後速度為 v_1' 和 v_2'

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_2$$

$$v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_2$$

2. 完全非彈性碰撞：無外力作用下，碰撞前後系統動量守恆、總動能不同，而碰撞後兩物合為一體，並且整個系統以相同速度前進，稱為完全非彈性碰撞，如子彈撞擊木塊，而陷在木塊裡面，使得整體一起運動。仍遵守動量守恆公式： $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$

(二) 緩衝材料說明

1. 固體部份：
 - (1) 一般泡棉：利用基礎聚醚多元醇(polyether polyol) 發泡生產，根據材質密度及硬度區別，展現不同之物理性能，應用在包裝、服飾、玩具、傢俱等一般民生之基本用途。在實驗過程中，泡棉在接受撞擊後，會產生較大的反彈力，使原本自由落體垂直墜落的撞擊物體因反彈而撞到壓力管設置平台，因此再加裝了一層防撞泡棉在平台下方，可使實驗更為精確。
 - (2) 記憶枕：成分為聚胺酯(英語：Polyurethane, IUPAC縮寫為PUR, 一般縮寫為PU)，其力學性能具有很大的可調性，通過控制結晶的硬段和不結晶的軟段之間的比例，聚胺酯可以獲得不同的力學性能。在實驗過程中，記憶枕在接受撞擊後，反彈力道較泡棉小，形狀改變的程度亦較泡棉少。
 - (3) 保麗龍，學名聚苯乙烯，由聚苯乙烯(Polystyrene, PS)加入發泡劑後，加熱所製成的一種很輕的材料，其中有90%至95%的體積是空氣。在實驗過程中，保麗龍在接受撞擊後，也會產生較大的反彈力道，但材料形狀幾乎不會因受到撞擊而改變。
2. 非牛頓流體部份：
 - (1) 「非牛頓流體」的主要特徵是：流體的黏度會因為受到的壓力或速度而變化，壓力越大，黏度會增加，甚至成為暫時性的固體。因此當用力撻打非牛頓流體時，接觸面因為壓力大而黏度增加，拳頭就無法進入流體內部。
 - (2) 在實驗過程中，我們使用較為人知且易於學校中實驗的非牛頓流體為太白粉加水，或是玉米粉加水，受快速撞擊皆會變硬，受慢速撞擊則都不會，黏度亦會隨受撞擊速度而改變。此外，高爾夫球幾乎不會產生反彈力道，且會在其表面停留，並不會立刻下沉。

二、研究過程：探討各項變因對本實驗的影響

(一) 前置實驗：

實驗雞蛋、高爾夫球與石頭的自由落體撞擊受力的情形，選擇適當撞擊物體。

(二) 各類型實驗材料在不同厚度與不同高度下的吸收撞擊情形之實驗與探討

1. 實驗一：泡棉的吸收撞擊情形實驗
2. 實驗二：記憶枕的吸收撞擊情形實驗
3. 實驗三：保麗龍的吸收撞擊情形實驗
4. 實驗四：太白粉加水的吸收撞擊情形實驗
5. 實驗五：玉米粉加水的吸收撞擊情形實驗
6. 經由前述五項實驗，得知各類型緩衝材料在相同厚度與不同高度下實驗結果
7. 前置實驗結果減去緩衝實驗數據，得知各種緩衝材料吸收撞擊的能量

(三) 固體實驗材料在兩種素材相疊在一起有否加乘緩衝效果之關係

1. 實驗一：實驗泡棉與記憶枕相疊之吸收撞擊效果
2. 實驗二：實驗泡棉與保麗龍相疊之吸收撞擊效果
3. 實驗三：實驗記憶枕與保麗龍相疊之吸收撞擊效果
4. 經由前述實驗，得知在高度120公分下，固體緩衝材料在兩種素材相疊時不會有加乘緩衝之實驗結果
5. 由上述實驗的結果，我們選取效果最好的泡棉和記憶枕再進一步實驗，運用保麗龍球、鼻涕蟲、磁鐵製造緩衝空間，分散及反彈直接向下的重力之實驗結果

(四) 兩種固體實驗材料間利用保麗龍球、鼻涕蟲、磁鐵等物相間隔會不會有增加緩衝效果之關係

1. 實驗一：實驗泡棉與記憶枕間利用保麗龍球製造緩衝空間後之吸收撞擊效果
2. 實驗二：實驗泡棉與記憶枕間利用保麗龍球與鼻涕蟲製造緩衝空間後之吸收撞擊效果
3. 實驗三：實驗泡棉與記憶枕間利用保麗龍球、鼻涕蟲與磁鐵製造緩衝空間後之吸收撞擊效果

伍、研究結果

一、前置實驗

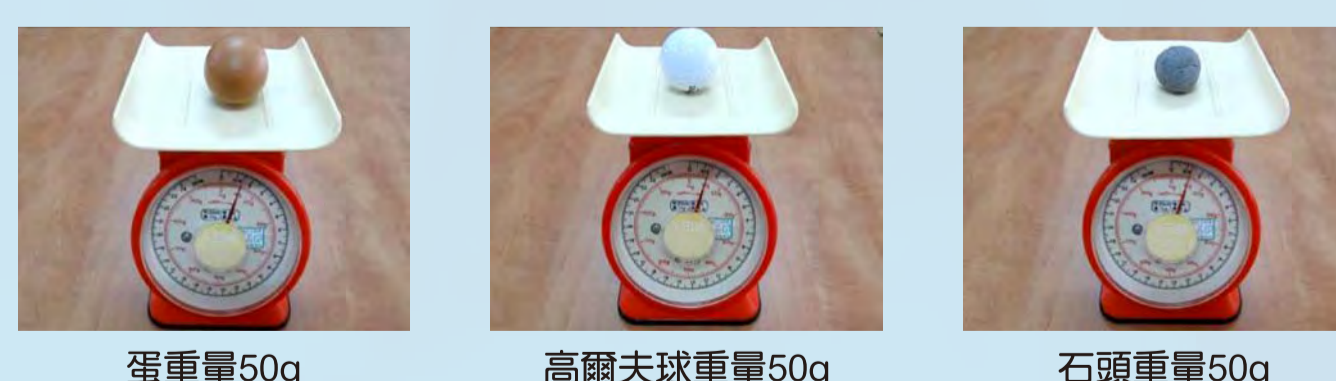
以三種撞擊物做為操縱變因，觀察並分析其於自由落體狀態撞擊拉壓力計時傳遞瞬間衝擊能量的情形，以選擇適當實驗撞擊物。

(一) 實驗流程：

1. 實驗撞擊物：雞蛋、高爾夫球、石頭的重量各為50公克。
2. 實驗高度：使用直角規進行壓力管40、80、120cm的架設與垂直校正。
3. 實驗數據：去最大最小值後取其中三次數據計算平均值。
4. 實驗操作：使雞蛋、高爾夫球、石頭於壓力管上端，受地心引力而垂直墜落於拉壓力計中心點，且記錄其產生的撞擊數據，對之加以分析與探討。

(一) 其各類型實驗撞擊物情形實驗與探討如下：

1. 實驗撞擊物：雞蛋、高爾夫球、石頭照片呈現說明：



2. 實驗過程：雞蛋、高爾夫球、石頭撞擊前後以120公分的照片呈現說明。

撞擊物	撞擊物實驗	受撞擊後	實驗結果
雞蛋 120公分			
高爾夫球 120公分			
石頭 120公分			

