

中華民國第四十六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

最佳團隊合作獎

080816

啄木鳥跳跳緩降機

學校名稱：嘉義縣朴子市朴子國民小學

作者： 小五 陳沛哲 小五 陳韻如 小五 涂喻涵 小五 蔡晉源 小五 許菁芸 小五 侯云婷	指導老師： 葉明宗 黃佳慧
---	---------------------

關鍵詞：緩降機、緩降、啄木鳥玩具

啄木鳥跳跳緩降機

壹、摘要

從研究中我們發現，齒輪及啄木鳥玩具「振動緩降」運動的原因，是因為圓洞兩側不平衡所造成。模擬齒輪的第一代平面式緩降器，有下降較快以及穩定性不佳的缺點，因此我們模擬啄木鳥玩具設計出第二代的彈簧式緩降器。但第二代緩降器搭載重物時會造成保麗龍腳座的圓洞凹陷與變軟，因此將腳座改用壓克力材質，而成為第三代緩降器，我們也發現圓洞黏貼軟木墊緩降效果最好。最後我們將第三代緩降器，成功改裝成搬運物品的「啄木鳥跳跳緩降機」，將 8 個雞蛋從 3 公尺高的爬竿頂端，完好無缺的運送下來。

貳、研究動機

記得老師在五上自然第一單元中，介紹地球有地心引力，手上東西一放手，就會快速的向地面掉。可是有一天，同學頑皮的將齒輪的圓洞套進鐵桿，齒輪竟然不會快速向下掉，反而振動的緩慢下降，跟我們玩過的啄木鳥玩具運動方式類似。為什麼它們能抵抗地心引力而緩緩下降呢？我們想研究這種運動方式，並設計一個穩定下降的緩降機。

參、研究目的

- 一、觀察齒輪及啄木鳥玩具的運動方式並探究原因。
- 二、探討影響第一代平面式緩降器的各項變因。
- 三、探討影響第二代彈簧式緩降器的各項變因。
- 四、改進成更不易變形、更穩定的第三代緩降器。
- 五、設計製作能搬運物品的「啄木鳥跳跳緩降機」。

肆、研究設備及器材

齒輪、啄木鳥玩具、保麗龍、波浪鐵架、鋼管、碼錶、細砂紙、厚紙板、保麗龍膠、瞬間膠、美工刀、壓克力墊板、大鐵夾、橡皮筋、雙面膠、鐵尺、皮尺、雞蛋、衛生紙、爬竿、鐵製樓梯、壓克力板、1 立方公分小積木、軟木墊、硬橡膠板、軟橡膠板、海棉珍珠板

伍、研究過程及結果

[實驗器材裝置與操作說明]

1. 實驗鐵架：從同學家找來波浪鐵架，緩降器運動的鋼管固定於鐵架的上下平台間。鐵架上方平台底部黏貼一保麗龍板做為緩降器起點，緩降器運動距離為 85cm。
2. 平面式緩降器：為模擬齒輪的緩降運動，同時考慮容易裁切以及花費少，因此採用較堅硬的蛋糕盒保麗龍 將其裁切成長 15cm 寬 8cm 的長方體，我們稱為「平面式緩降器」，是第一代的緩降器。
3. 彈簧式緩降器：為模擬啄木鳥玩具的緩降運動，裁切成長寬各是 9cm 的長方體，以壓克力墊板模擬彈簧，啄木鳥也以大鐵夾替代，我們稱為「彈簧式緩降器」。第二代緩降器腳座材質是保麗龍，第三代材質是壓克力。
4. 緩降器鑽洞：實驗中的緩降器運動，一律使用直徑 1.6cm 的鋼管。腳座若是保麗龍材質，則先使用直徑 1.9cm 的鋼管鑽洞，再將不同長度厚紙板捲成中空圓柱狀，黏貼於圓洞內，以保持實驗圓洞的完整堅固，並控制圓洞大小。腳座若是壓克力材質，則請同學家的傢俱行幫忙鑽不同大小圓洞，洞壁黏貼軟木墊幫助緩降，並控制圓洞大小。
5. 實驗操作方式：為求公平，緩降器出發前均先平貼於鐵架上方的保麗龍板。平面式緩降器放開手後則會自由下落。彈簧式緩降器則先於大鐵夾上放一 120 克重物，快速拉起重物後，造成大鐵夾自然振動後即會下落。
6. 計時方式：一位操作同學控制緩降器出發，另五位計時同學用碼錶計時。操作同學喊「一、二、三、放」，計時同學同步計時，當緩降器碰到終點時停止計時。扣掉最快與最慢者，其餘三位合計取平均時間，每個實驗操作三次。

研究目的一：觀察齒輪及啄木鳥玩具的運動方式並探究原因

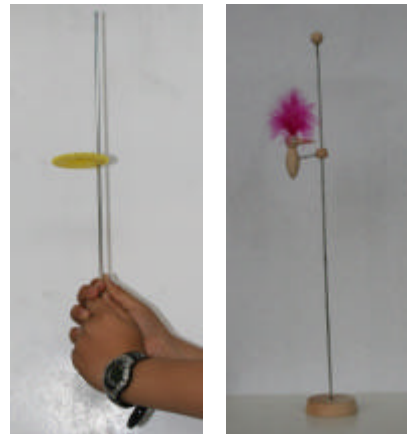
[研究一：觀察齒輪及啄木鳥玩具的運動方式]

1. 觀察齒輪在鐵桿上的運動方式。
2. 觀察啄木鳥玩具的運動方式。
3. 觀察結果記錄於表一。

觀察項目	觀察紀錄
齒輪	產生振動緩降運動的圓洞，不是在齒輪正中央，而是在齒輪邊緣。圓洞與鐵桿相當密合，幾乎沒有空隙。下降時振動快，下降速度相當緩慢。
啄木鳥玩具	玩具分為鐵桿、腳座、彈簧、木頭啄木鳥四個部份。腳座正中央有一個圓洞，鐵桿插入圓洞內，腳座旁邊接上彈簧，彈簧另一端連接木頭啄木鳥。撥動木頭啄木鳥便會使啄木鳥振動而緩慢下降。

結果：

1. 齒輪與啄木鳥玩具都是將圓洞套入鐵桿，下降時邊振動邊緩慢下降。
2. 齒輪的圓洞是在圓盤平面的邊緣；啄木鳥腳座圓洞雖在中央，但腳座一側也插上彈簧與木頭啄木鳥。因此，齒輪與啄木鳥玩具的圓洞兩側是不平衡的。



我們的推測：

圓洞兩側不平衡是造成「振動緩降」運動的原因。

研究二：圓洞兩側不平衡是造成振動緩降的原因嗎？

1. 取兩組裁切成長 15cm、寬 8cm 的保麗龍，一組鑽洞於保麗龍板邊緣，一組？洞於正中央，分別觀察在鋼管上的運動情形。
2. 取兩組啄木鳥玩具，一組保持原狀，另一組拿掉彈簧及啄木鳥，分別觀察在鋼管上的運動情形。
3. 圓洞位於邊緣的保麗龍板，沿兩個短邊的中心點連線切開，將鋼管放入圓洞內，以此模型推測振動緩降的原因。

結果：

1. 圓洞在邊緣的保麗龍板以及保留彈簧裝置的啄木鳥玩具，因為圓洞兩側不平衡，都有振動緩降的運動；圓洞在中央的保麗龍板及不保留彈簧裝置的啄木鳥玩具，因為圓洞皆在中央，因此都不振動而直接快速下降。

2. 從切開的保麗龍板觀察發

現，兩側不平衡會造成板面傾斜，洞的內壁就會碰撞鋼管，保麗龍與鋼管碰撞摩擦會「煞車」，反彈回去後圓洞又與鋼管平行而繼續下降，如此反覆就造成了振動緩降的運動。



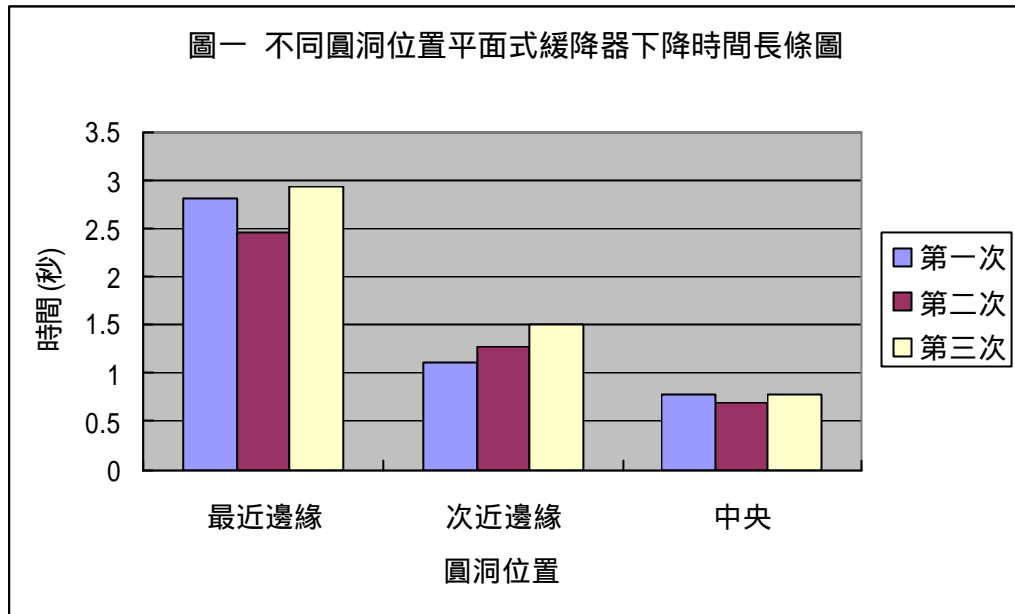
研究目的二：探討影響第一代平面式緩降器的各項變因

研究三：洞的位置會影響平面式緩降器的下降速度嗎？

1. 將平面式緩降器依圓洞不同位置分成靠近邊緣、次近邊緣、中央等三組。
2. 實驗計時，將原始數據整理如表二，並繪成統計圖如圖一。



圓洞位置 實驗次別	靠近邊緣	次近邊緣	中央
第一次	2.81	1.12	0.78
第二次	2.45	1.26	0.68
第三次	2.93	1.50	0.78
平均	2.73	1.29	0.75

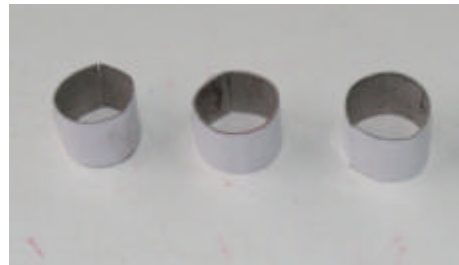


結果：

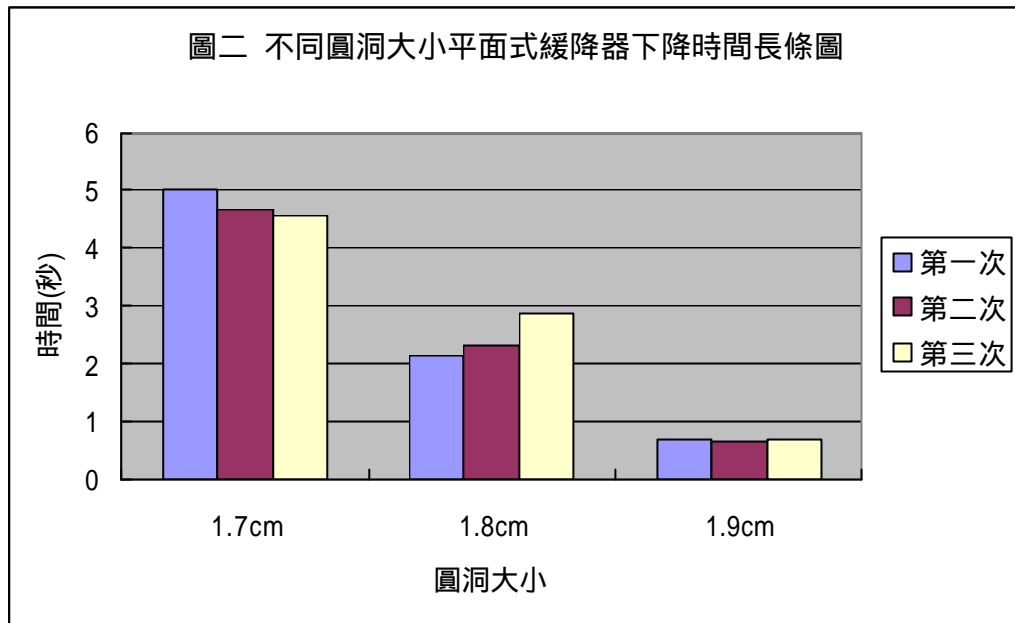
1. 圓洞靠近邊緣者，下降得最慢。
2. 圓洞在中央者不產生振動而直接快速下降。

研究四：洞的大小會影響平面式緩降器的下降速度嗎？

1. 將平面式緩降器依圓洞的大小分成三組，圓洞內徑分別為 1.7cm、1.8cm、1.9cm。
2. 實驗計時，將原始數據整理如表三，並繪成統計圖如圖二。



圓洞內徑 實驗次別	1.7cm	1.8cm	1.9cm
第一次	5.04	2.14	0.70
第二次	4.66	2.32	0.66
第三次	4.56	2.89	0.70
平均	4.75	2.45	0.69



結果：

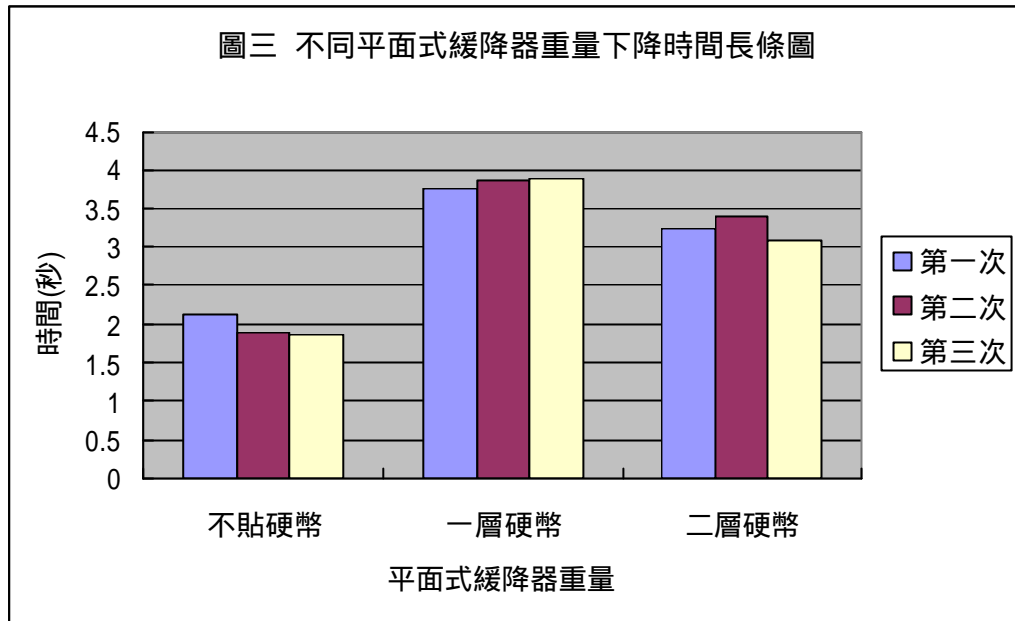
1. 圓洞愈小，下降得愈慢。
2. 圓洞內徑 1.7cm 在實驗過程中偶而會卡在半途不動，而圓洞內徑 1.9cm 則是不振動而直接快速下降。

研究五：平面式緩降器的重量會影響下降速度嗎？

1. 分成三組，第一組不貼硬幣，第二組在緩降器上方貼上一層 14 個十元硬幣，第三組則貼上兩層 28 個十元硬幣。
2. 實驗計時，將原始數據整理如表四，並繪成統計圖如圖三。



緩降器重量 實驗次別	不貼硬幣	一層硬幣	二層硬幣
第一次	2.14	3.76	3.24
第二次	1.88	3.87	3.39
第三次	1.86	3.89	3.10
平均	1.96	3.84	3.24



結果：

1. 平面式緩降器只貼一層硬幣時，下降得最慢。
2. 不貼硬幣與兩層硬幣的兩組，下降得反而比較快，可見緩降器的重量要適中才能達到緩降效果。

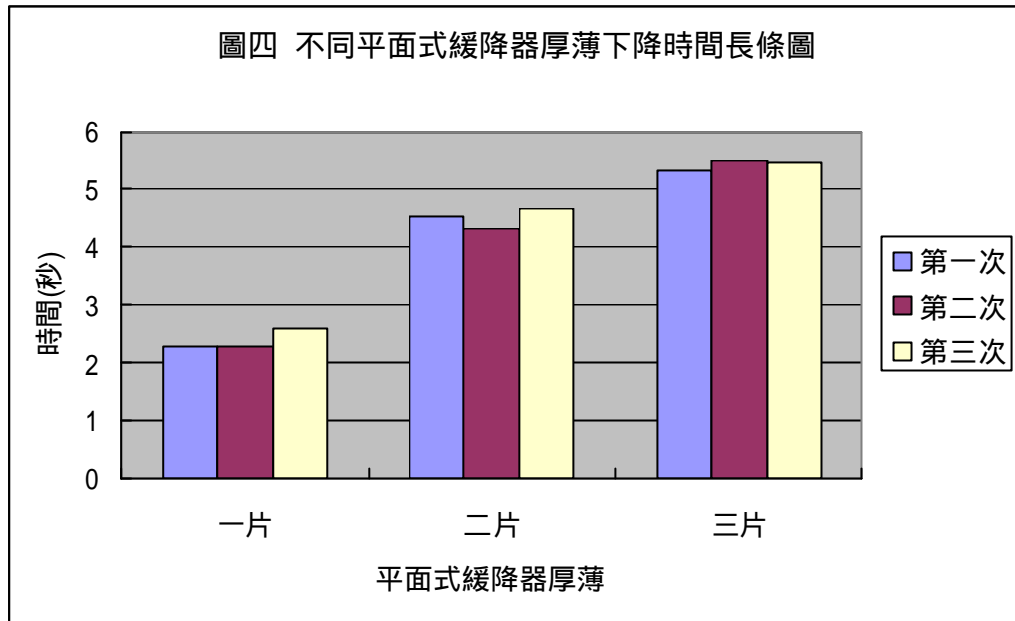
研究六：平面式緩降器的厚薄會影響下降速度嗎？

1. 分成三組，第一組只用一片緩降器，第二組疊合兩片緩降器，第三組疊合三片緩降器。



2. 實驗計時，將原始數據整理如表五，並繪成統計圖如圖四。

緩降器厚薄 實驗次別	一片	二片	三片
第一次	2.27	4.53	5.34
第二次	2.29	4.30	5.50
第三次	2.58	4.67	5.47
平均	2.38	4.50	5.44



結果：

平面式緩降器的厚度愈厚，下降得愈慢。

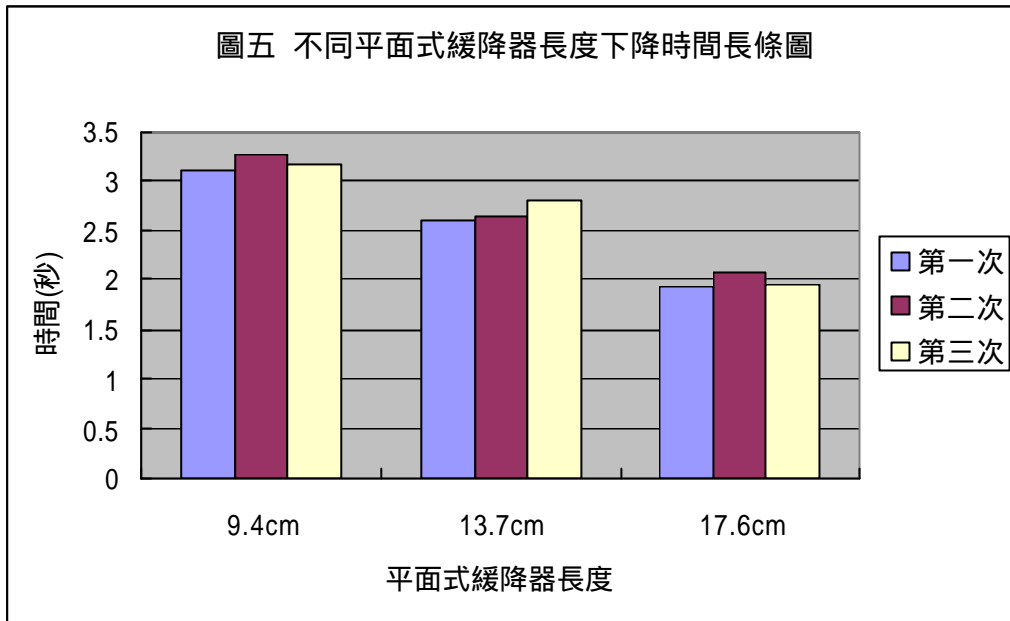
研究七：平面式緩降器的長短會影響下降速度嗎？

1. 分成三組，第一組緩降器長度為 9.4cm，第二組為 13.7cm，第三組為 17.6cm。
2. 實驗計時，將原始數據整理如表六，並繪成統計圖如圖五。



表六 不同平面式緩降器長度下降時間紀錄表

緩降器長度 實驗次別	9.4cm	13.7cm	17.6cm
第一次	3.12	2.60	1.94
第二次	3.27	2.65	2.07
第三次	3.17	2.80	1.95
平均	3.19	2.68	1.99

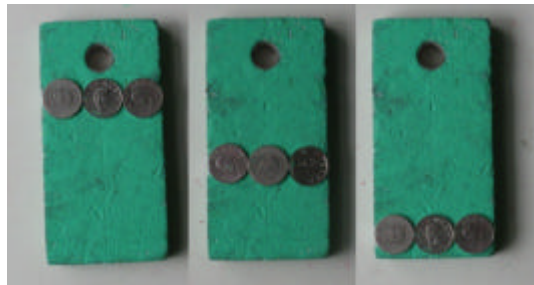


結果：

平面式緩降器的長度愈短，下降得愈慢。

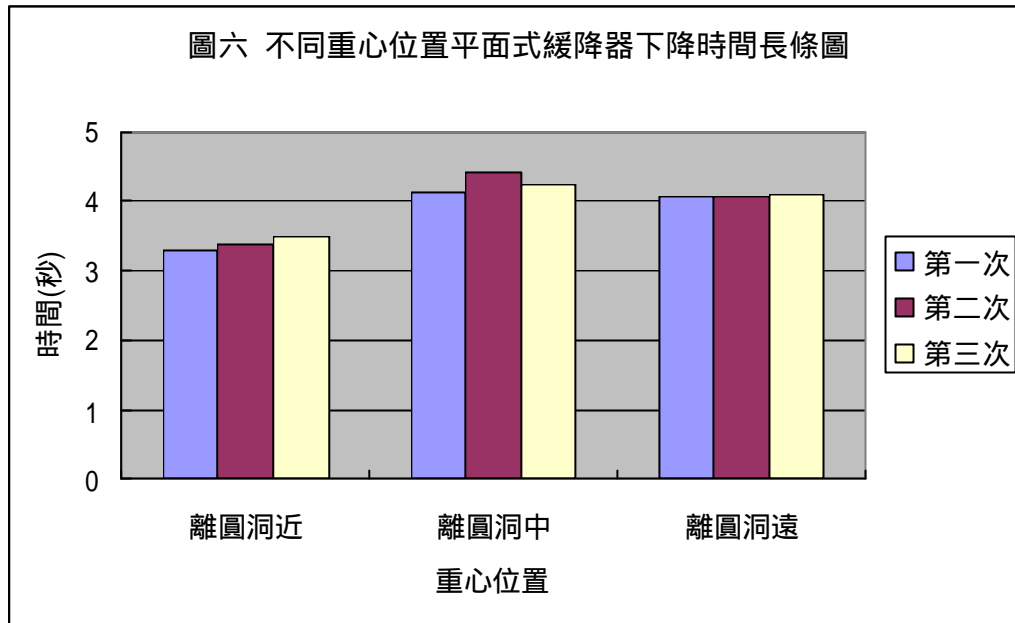
研究八：平面式緩降器的重心位置不同會影響下降速度嗎？

1. 用 6 個硬幣排成一排兩層，放置時與緩降器短邊平行，做為重心位置。共分成三組，第一組重心位置離圓洞 1cm，，第二組重心位置離圓洞 5cm，第三組重心位置離圓洞 9cm。



2. 實驗計時，將原始數據整理如表七，並繪成統計圖如圖六。

重心位置 實驗次別	離圓洞近(1cm)	離圓洞中(5cm)	離圓洞遠(9cm)
第一次	3.32	4.15	4.07
第二次	3.38	4.44	4.07
第三次	3.49	4.24	4.09
平均	3.40	4.28	4.08



結果：

平面式緩降器的重心位置離圓洞 5cm 時，下降得最慢。可見緩降器重心位置要適中才能有緩降效果。

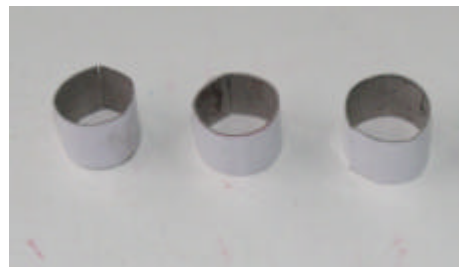
我們的想法：

第一代平面式緩降器的實驗中，發現緩降器下降的時間都不長，大部分不超過 5 秒。實驗過程中也發現平面式緩降器下降距離時大時小，有時還會發生卡住或快速下降的情形，穩定性不佳。因此我們參考啄木鳥玩具的構造，設計出了第二代的彈簧式緩降機。

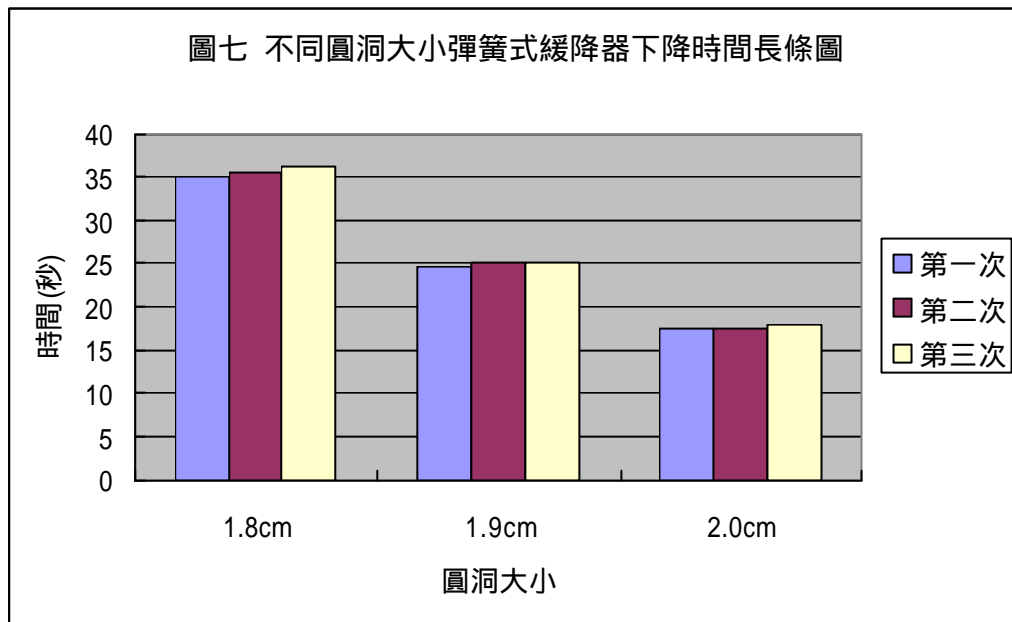
研究目的三：探討影響第二代彈簧式緩降器的各項變因

研究九：洞的大小會影響彈簧式緩降器的下降速度嗎？

- 將彈簧式緩降器依圓洞的不同大小分成三組，圓洞內徑分別為 1.8cm、1.9cm、2.0cm。
- 實驗計時，將原始數據整理如表八，並繪成統計圖如圖七。



表八 不同圓洞大小彈簧式緩降器下降時間紀錄表			
圓洞內徑 實驗次別	1.8cm	1.9cm	2.0cm
第一次	35.02	24.48	17.42
第二次	35.66	25.18	17.50
第三次	36.25	25.16	17.96
平均	35.64	24.94	17.63

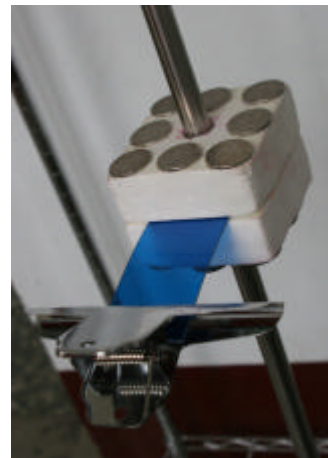


結果：

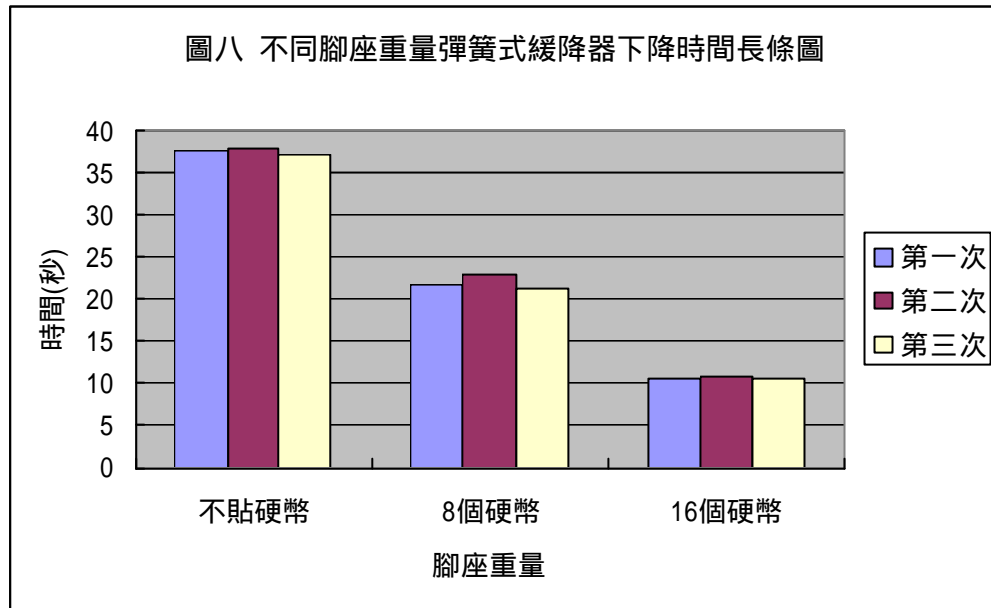
圓洞愈小，下降得愈慢。

研究十：彈簧式緩降器的腳座重量會影響下降速度嗎？

1. 分成三組，第一組腳座不貼硬幣，第二組在腳座上方貼上一層十元硬幣 8 個，第三組則在腳座上方貼上兩層十元硬幣共 16 個。
2. 實驗計時，將原始數據整理如表九，並繪成統計圖如圖八。



表九 不同彈簧式緩降器腳座重量下降時間紀錄表			
腳座重量 實驗次別	不貼硬幣	8 個硬幣	16 個硬幣
第一次	37.46	21.59	10.63
第二次	37.93	22.87	10.84
第三次	37.14	21.24	10.62
平均	37.51	21.90	10.70

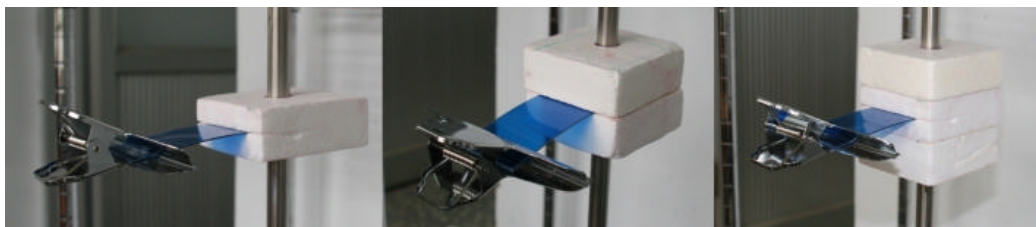


結果：

彈簧式緩降器的腳座重量愈輕，下降得愈慢。

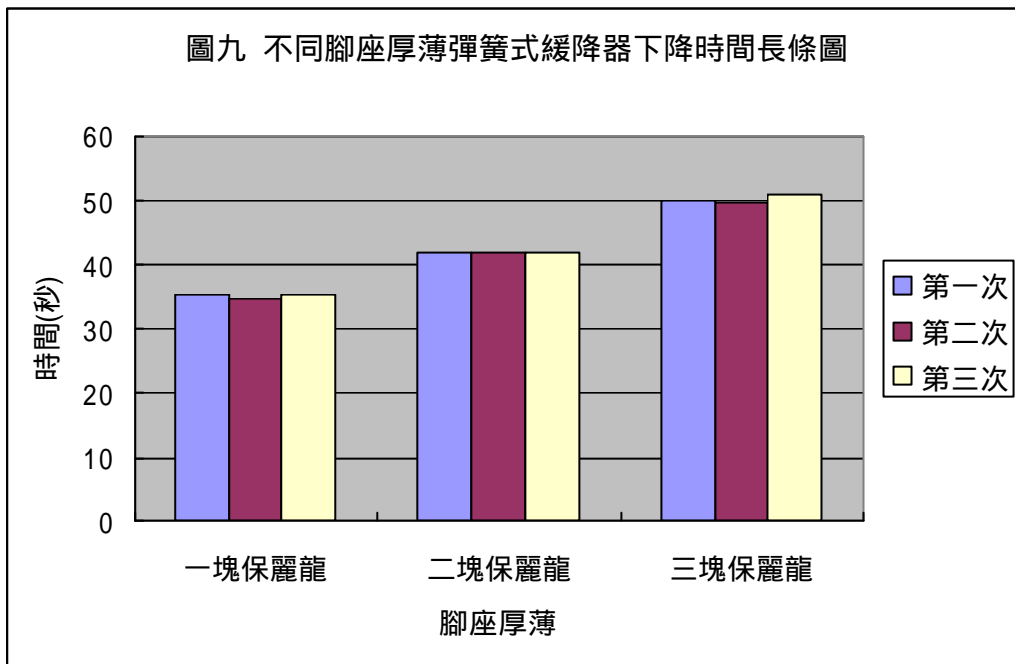
研究十一：彈簧式緩降器的腳座厚薄會影響下降速度嗎？

1. 分成三組，第一組用一塊保麗龍板當腳座，第二組用二塊保麗龍板當腳座，第三組用三塊保麗龍板當腳座。



2. 實驗計時，將原始數據整理如表十，並繪成統計圖如圖九。

表十 不同彈簧式緩降器腳座厚薄下降時間紀錄表			
腳座厚薄 實驗次別	一塊保麗龍	二塊保麗龍	三塊保麗龍
第一次	35.19	41.99	49.76
第二次	34.77	42.06	49.65
第三次	35.08	41.93	50.90
平均	35.01	41.99	50.10



結果：

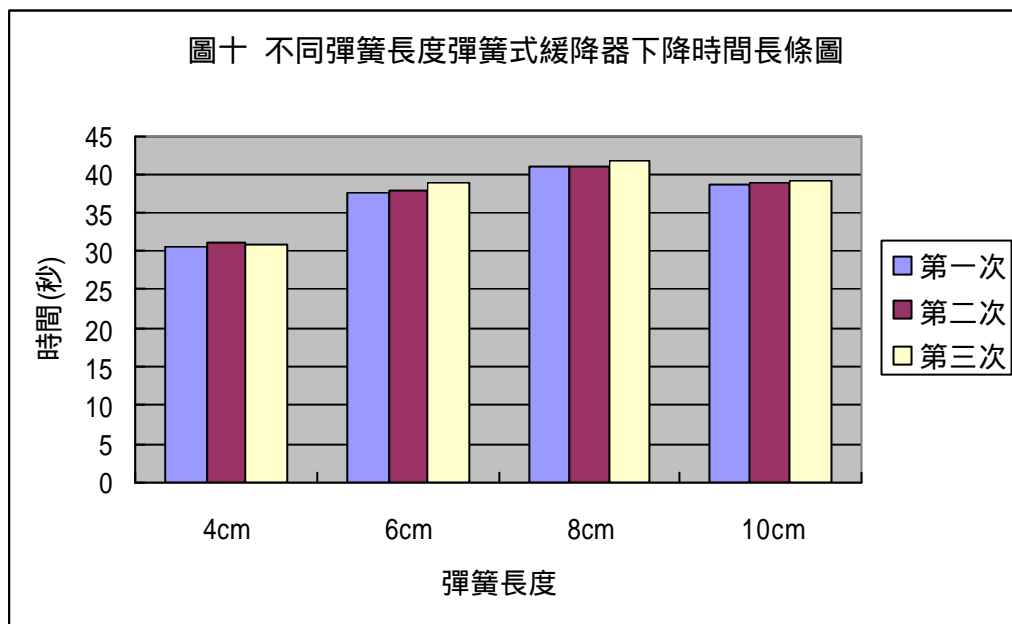
彈簧式緩降器的腳座愈厚，下降得愈慢。

研究十二：彈簧式緩降器的彈簧長度會影響下降速度嗎？

1. 分成四組，彈力板長度依序為 4cm、6cm、8cm、10cm。
2. 實驗計時，將原始數據整理如表十一，並繪成統計圖如圖十。



表十一 不同彈簧式緩降器彈簧長度下降時間紀錄表				
彈簧長度 實驗次別	4cm	6cm	8cm	10cm
第一次	30.50	37.52	40.91	38.64
第二次	31.11	37.89	41.04	38.79
第三次	31.00	38.80	41.64	39.24
平均	30.87	38.07	41.20	38.89



結果：

彈力板長度 8cm 時，下降得最慢，彈力板變長或變短，下降都會變快。長度 10cm 下降時間會縮短，是因為較長的彈力板出發起步時較慢，腳座無法立刻碰撞鋼管，會先下落一段約 10cm 的距離後才開始振動緩降。

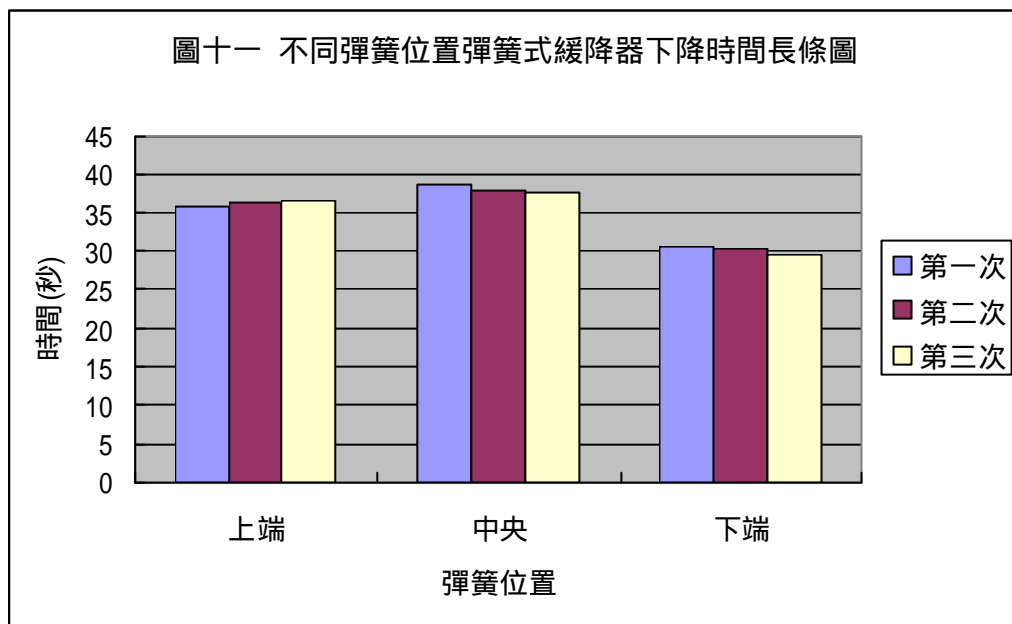
研究十三：彈簧式緩降器的彈簧位置會影響下降速度嗎？

1. 分成三組，分別將彈力板裝置於腳座的上端、中央、下端。



2. 實驗計時，將原始數據整理如表十二，並繪成統計圖如圖十一。

表十二 不同彈簧位置彈簧式緩降器下降時間紀錄表			
彈簧位置 實驗次別	上端	中央	下端
第一次	35.97	38.61	30.47
第二次	36.43	38.07	30.34
第三次	36.62	37.70	29.50
平均	36.34	38.13	30.10



結果：

彈簧式緩降器彈力板位於中央，下降得最慢，其次是位於上端，位於下端下降得最快。

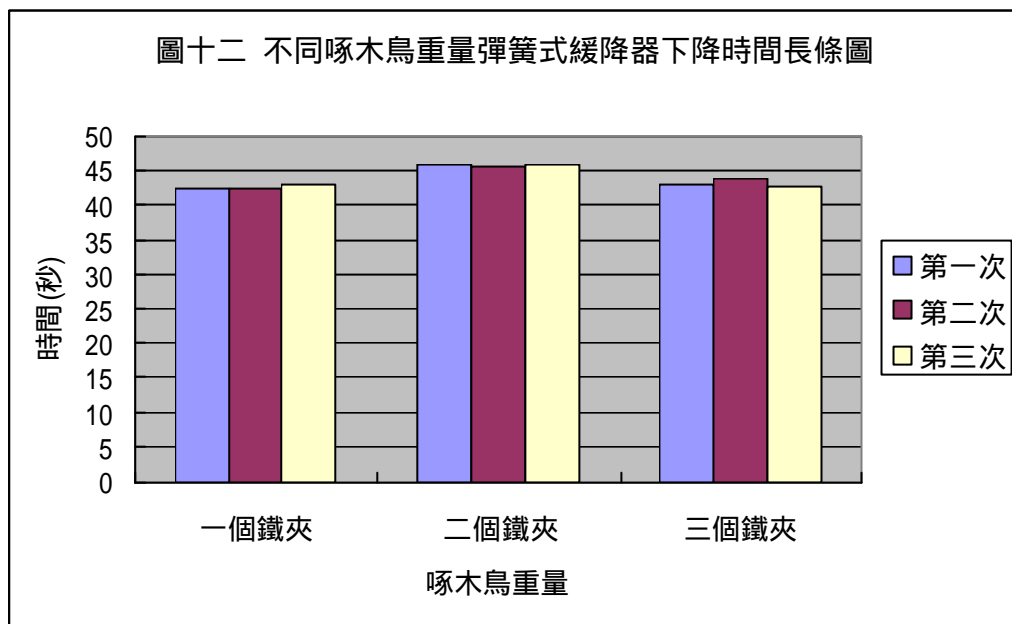
研究十四：彈簧式緩降器的啄木鳥重量會影響下降速度嗎？

1. 分成三組，將模擬啄木鳥的大鐵夾分別裝置一個、二個、三個。



2. 實驗計時，將原始數據整理如表十三，並繪成統計圖如圖十二。

大鐵夾數 實驗次別	一個	二個	三個
第一次	42.54	45.96	42.94
第二次	42.35	45.47	43.63
第三次	42.86	45.89	42.59
平均	42.58	45.77	43.05



結果：

啄木鳥重量為兩個鐵夾時，下降得最慢；一個鐵夾與三個鐵夾時，下降就變快了。可見啄木鳥重量要控制適當才能達到緩降效果。

我們的想法：

第二代彈簧式緩降器的實驗中，彈簧式比平面式的下降速率慢很多，而且彈簧式緩降器沒有發生直接快速下落的情形，就緩降時間與穩定性來說，都比平面式的更適合應用於日常生活中。

研究目的四：改進成更不易變形、更穩定的第三代緩降器

[搬運雞蛋的實驗]

1. 我們以第二代緩降器的架構，將 8 吋蛋糕盒改裝成搬運物品的緩降機。
2. 為測驗緩降機夠不夠穩定，我們選擇搬運易破的雞蛋，利用學校廚房旁高 3 公尺多的爬竿當作緩降機鋼管，若能將 8 個雞蛋從 3 公尺的高處安全無損的運送下來，代表緩降機的下降速率與穩定性可以應用於日常生活中。



結果：

緩降機成功的將 8 個雞蛋從 3 公尺的高處送至地面，完全沒有破損。但是緩降機保麗龍腳座的圓洞卻產生了凹陷且變軟，厚紙板與保麗龍也分離了。

我們的想法：

1. 搬運雞蛋的實驗成功了，這讓我們高興不已，但卻發現保麗龍材質無法承受重物。
2. 討論過多種材質，我們針對材質堅硬、容易鑽洞這些因素，選擇了壓克力作為腳座材質。
3. 為減輕緩降機重量，第三代緩降機為上下兩片壓克力，四角落用小積木隔開保持中空，並控制厚度。

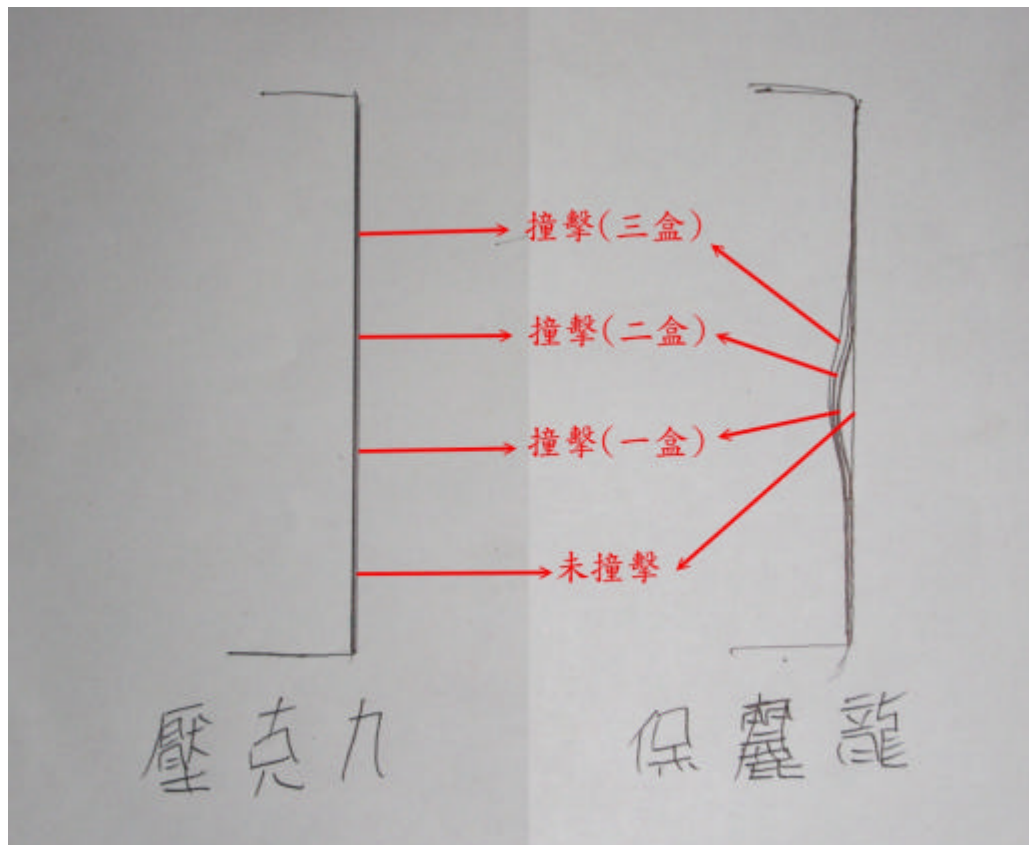
研究十五：壓克力板能承受重物擺動的壓力嗎？

1. 將直徑 1.6cm 鋼管，一端固定於波浪鐵架下方平台，另一端綁上容量 300ml 鋁箔裝飲料，分別綁上一盒、二盒、三盒。
2. 用保麗龍與壓克力材質，製作成 10cm x 10cm x 2.5cm 的緩降器腳座，分別放置於鋼管下方。
3. 將綁重物的一端抬高至 38cm 高後，放開任其自由落下，使鋼管碰撞擠壓腳座一側。每個重量各操作五次，觀察並描繪腳座變化情形如圖十三。



結果：

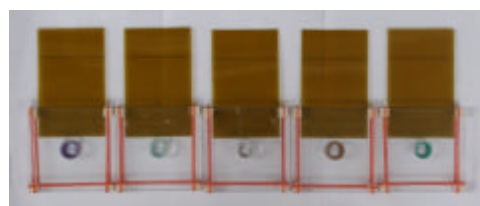
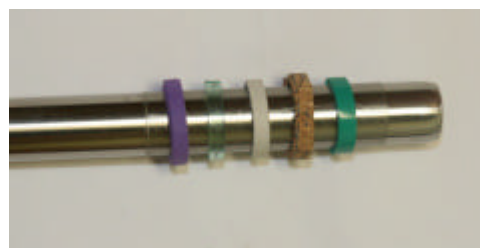
保麗龍材質腳座已經凹陷與變軟，且重量愈重變形愈明顯；壓克力材質腳座則完全沒有變形。



圖十三 不同材質腳座重物擠壓形狀變化圖

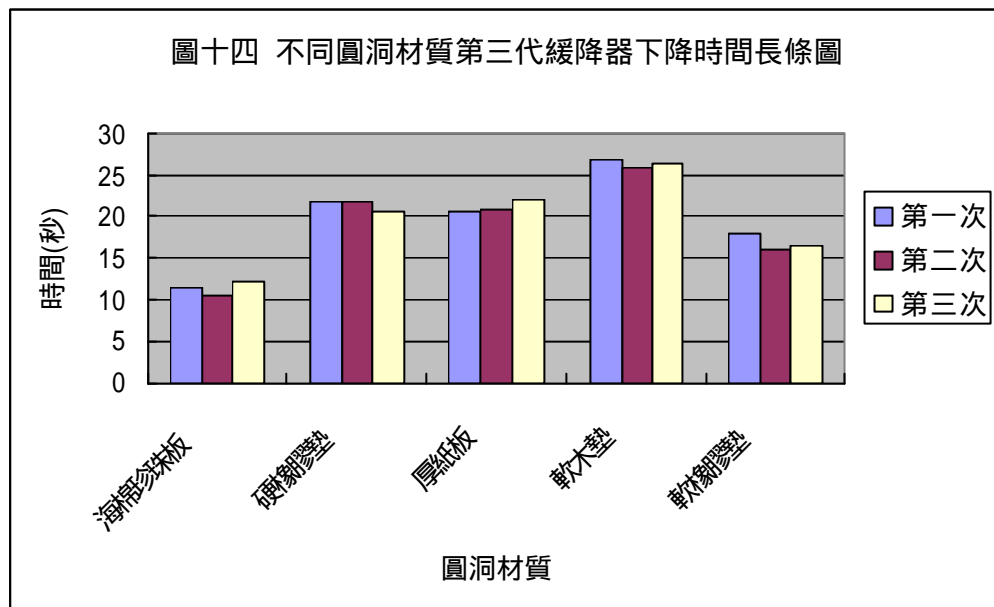
研究十六：第三代緩降器圓洞內側黏貼何種材質的緩降效果最好？

1. 選用海棉珍珠板、硬橡膠墊、厚紙板、軟木墊、軟橡膠墊等五種材質，裁剪成同粗細的長條。
2. 為控制圓洞大小，先在直徑 1.6cm 的鋼管上纏繞透明膠帶，用游標尺測量控制直徑為 1.63 公分，將長條纏繞其上。外圍再用厚紙板長條控制相同大小，以方便黏貼入圓洞內。



3. 實驗計時，將原始數據整理如表十四，並繪成統計圖如圖十四。

材質 實驗次別	海棉珍珠板	硬橡膠墊	厚紙板	軟木墊	軟橡膠墊
第一次	11.33	21.70	20.68	26.92	17.95
第二次	10.56	21.69	20.85	25.81	16.09
第三次	12.20	20.72	22.06	26.47	16.48
平均	11.36	21.37	21.20	26.40	16.84



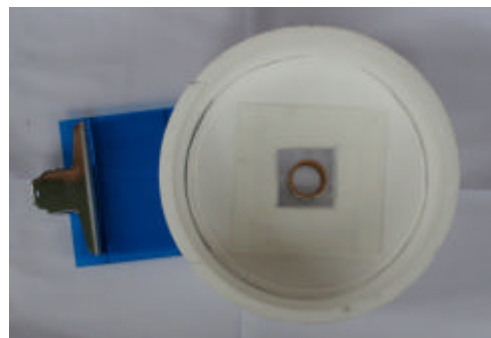
結果：

軟木墊材質下降得最慢。

研究目的五：設計製作能搬運物品的「啄木鳥跳跳緩降機」

研究十七：設計能搬運雞蛋的緩降機

1. 應用第三代緩降器的架構，將 8 吋的保麗龍蛋糕盒改裝，重複研究十五前段[搬運雞蛋的實驗]。
2. 緩降機內放置 8 個雞蛋，用衛生紙將所有雞蛋隔開，使其不會相互碰撞。
3. 跟總務處借鐵製樓梯，將裝雞蛋的緩降機送至 3 公尺高爬竿頂端，觀察緩降機下降情形，並用碼錶計時。



結果：

1. 我們自製的緩降機，將 8 個雞蛋從 3 公尺高的爬竿頂端運送下來，共花了 42 秒的時間。過程既安全又穩定，完全沒有破掉。
2. 因為緩降機設計的構想來自於啄木鳥玩具，所以我們討論後決定將此命名為「啄木鳥跳跳緩降機」。
3. 我們期望將來能應用此次研究，設計出搬運更重更多東西或是救人的緩降機。



陸、討論

- 一、 剛開始討論製作緩降器時，大家的意見很多，本來想到過用木板、鐵片、塑膠片、壓克力片等，但是考慮到我們的裁切工具及能力，而老師也要我們盡量節省開支，剛好我們班同學家有人是開麵包店的，說蛋糕盒的保麗龍比一般保麗龍堅固耐用，因此我們就決定使用蛋糕盒保麗龍。我們在緩降器圓洞內黏貼厚紙板，經過第一代、第二代緩降器的變因實驗後，都能保持圓洞完整沒有破損，讓我們順利進行相關實驗。在此謝謝我們班侯媽媽免費提供許多的蛋糕盒。
- 二、 探討各項變因的實驗中，有些變因不一定完全成正比或反比關係，必須控制適當的程度才能達到最佳緩降效果。例如平面緩降器的重量、重心位置，彈簧式緩降器的彈簧長度、位置、啄木鳥重量等。從實際搬運雞蛋的實驗中也發現，這些變因彼此互相影響，像腳座重量加重，啄木鳥重量也必須跟著加重，才能有更好緩降效果。至於各變因的互相影響如何，並不在我們的實驗範圍，但值得繼續深入探究。
- 三、 這次製作出來的緩降機，雖然只搬運了 8 個雞蛋，但已是成功的第一步，

以後如果能夠找出其他更堅固的材質，或改裝成更大型的緩降機，或許可以搬運更重更多東西，甚至可以救人，那對我們的日常生活將有更大的幫助。

柒、結論

- 一、齒輪及啄木鳥玩具「振動緩降」運動的原因，是因為圓洞兩側不平衡所造成的。
- 二、模擬齒輪的第一代平面式緩降器，研究的結論如下：
 - 1、緩降器圓洞愈靠近邊緣，下降得愈慢。
 - 2、緩降器圓洞愈小，下降得愈慢，但不能小到卡住鋼管。
 - 3、緩降器的厚度愈厚，下降得愈慢。
 - 4、緩降器的長度愈短，下降得愈慢。
 - 5、緩降器的重量與重心位置要控制適當，才能達到愈緩下降的功能，否則下降速率會變快。
 - 6、下降較快與穩定性不佳是主要缺點。
- 三、模擬啄木鳥玩具的第二代彈簧式緩降器，研究的結論如下：
 - 1、緩降器圓洞愈小，下降得愈慢。
 - 2、緩降器腳座的重量愈輕，下降得愈慢。
 - 3、緩降器腳座的厚度愈厚，下降得愈慢。
 - 4、緩降器的彈簧裝在腳座的中央，才能達到愈緩下降的功能。
 - 5、緩降器的彈簧長度與啄木鳥重量要控制適當，才能達到愈緩下降的功能，否則下降速率會變快。
 - 6、保麗龍腳座承載重物易凹陷與變軟是主要缺點。
- 四、腳座改用壓克力材質的第三代彈簧式緩降器，研究的結論如下：
 - 1、壓克力遇重物碰撞擠壓較不易變形。
 - 2、腳座圓洞黏貼軟木墊下降得最慢。
- 五、自製「啄木鳥跳跳緩降機」能將 8 個雞蛋安全穩定、毫無破損的從 3 公尺的高處搬運到地面。

捌、參考資料

- 一、 中華民國第四十一屆全國科展得獎作品專輯。

評 語

080816 啄木鳥跳跳緩降機

本作品研究啄木鳥玩具的緩降運動現象，並累積變因影響因素，據以設計新式緩降搬運器。作品具創意，實驗方法具科學精神，研究態度嚴謹。