

中華民國第四十五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

080818

小石子立大功---火車鐵軌的枕木愈搖愈穩固

臺南市東區東光國民小學

作者姓名：

小六 周興儒 小五 林孟好 小六 郭家宏

小六 郭曉芮 小六 孫于景

指導老師：

王雅麗 陳明足

摘要：

每天都會路過鐵路平交道，發現鐵軌下的枕木有好多碎石子，我們很好奇，在老師協助下我們利用搖晃機、各種不同的豆子、大小不同的石子等進行實驗，結果發現搖晃後的豆子和石子變得更加緊密，彼此的稜角互相交錯卡住，這時我們才恍然大悟，原來小石子立大功，讓鐵軌更穩定，也使火車行駛更加安全。

壹、研究動機：

每天放學回家時，都會經過路旁的鐵軌，而鐵軌旁都會放了許多小石子，奇怪的是怎麼小石子的種類、大小都不同呢？我們想，為什麼不用磚塊、水泥、或鐵塊呢？

所以我們就利用放學及假日，在老師的指導下，做了以下的實驗。

(與教材相關性：自然生活與科技，牛頓，六下，第二單元。)

貳、研究目的：

- 一、了解石頭搖晃後最穩固，最能將枕木卡緊。
- 二、了解搖晃後的石頭，排列方式會有什麼變化。

參、研究器材：

- 一、搖搖機、正方體容器、定滑輪、棉線、法碼。
- 二、不同大小的碎石（七釐、一分、五分、七分）。
- 三、不同大小的圓石（一分、二分、三分）。
- 四、木板、巴沙木。
- 五、彈簧木板。

肆、研究過程：

- 一、活動一：大小顆粒不同經過搖晃後，會有什麼變化？

(一)我們的經驗：

每次在火車平交道等火車經過時，總是看見下面的枕木被小碎石埋沒著，為什麼不用泥沙？不用柏油？火車通過時，會搖晃，小碎石不會沉下去或散掉嗎？於是我們決定利用常見的種子、珠子、小白球等……來搖晃看看，觀察會有什麼變化？

(二)材料：

- 1、不同的種子：小米、綠豆、豌豆、稻穀、花生、蓮子、葵花子、黃豆等……。
- 2、不同的珠子：玻璃珠（大小兩種）、小鐵珠、塑膠珠子、保麗龍球等……。
- 3、保麗龍板、塑膠方盒、搖搖機、照相機、記錄表……。

(三)實作方法：

- 1、把不同的顆粒分別放入方形塑膠盒中，並且放滿。
- 2、每次拿兩個放入搖搖機的木盒裡，再用保麗龍板塞緊。
- 3、計時：搖晃五分鐘後取出來，觀察盒內顆粒的排列。
- 4、觀察照相：由外面仔細觀察。

(四)觀察記錄：

- 1、種子搖晃後的變化：

小米 (搖晃後)		綠豆 (搖晃後)	
黃豆 (搖晃後)		稻穀 (搖晃後)	
花生 (搖晃後)		豌豆 (搖晃後)	



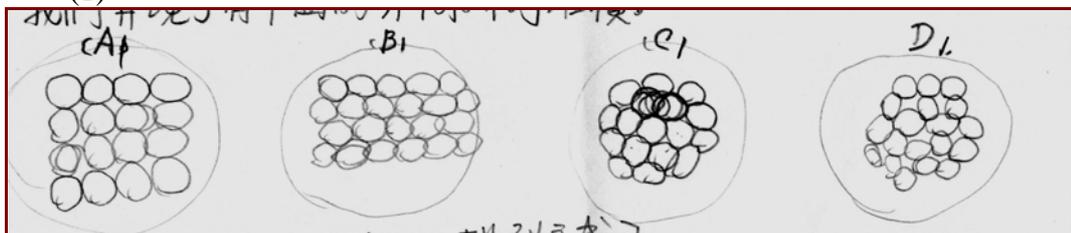
2、珠子搖晃後的變化：



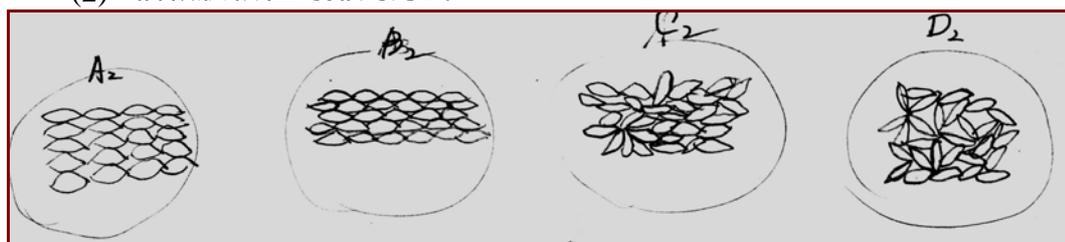
(五)討論：

- 1、顆粒大小不同的種子經過五分鐘的搖晃後，都會陷下去，也就是體積變小了，密度變大了。
- 2、種子經過五分鐘的搖晃彼此間會比較密集，緊緊的堆積在一起。
- 3、我們發現了下面不同的堆積：

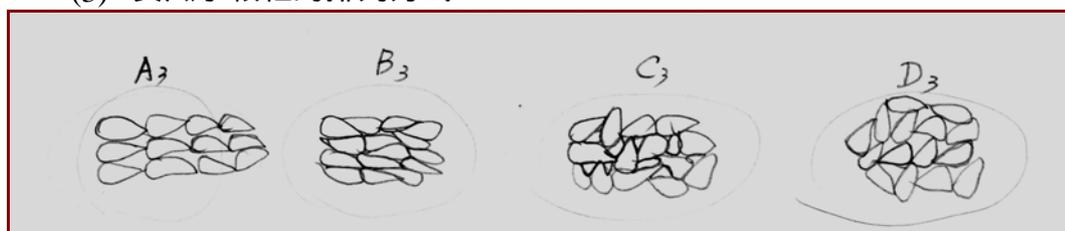
(1) 圓球顆粒的排列方式



(2) 稻穀狀顆粒的排列方式



(3) 葵瓜子顆粒的排列方式



4、不同形狀的顆粒經過五分鐘搖晃後，仔細觀察它們的排列，可以分為：

- (1) A_1 、 A_2 、 A_3 是整齊排列堆積。
- (2) B_1 、 B_2 、 B_3 是規則的最緊密堆積。
- (3) C_1 、 C_2 、 C_3 是不規則的緊密堆積。
- (4) D_1 、 D_2 、 D_3 是不規則的空隙排列。

5、在一個一公升盒子裡面的顆粒，我們可以從外圍看見各種堆積排列。當顆粒的形狀很一致時，在盒子裡面的排列就會整齊的堆積排列。當顆粒較細小時，會堆積排列的比較密集。當顆粒的形狀不規則時，堆積排列的雜亂，不容易緻密排列。

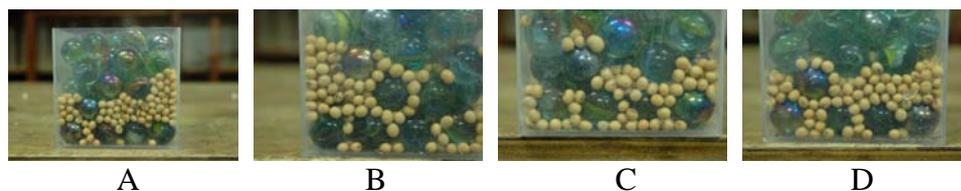
6、顆粒受到搖晃後都會下陷，在上層的顆粒會壓到下層的顆粒，而且不停的左右搖晃，使顆粒漸漸的往下推擠，也使顆粒之間的空隙變得越小。

(六)疑問：如果在顆粒中加入些小顆粒，它會塞在顆粒的空隙嗎？

(七)再試試看：「在玻璃珠中加入一些黃豆子，搖晃後會怎樣堆積排列呢？」

- 1、實驗材料：大玻璃珠、黃豆、方形盒子。
- 2、實作方法：
 - (1) 在方形盒子裡放入大玻璃珠約八公分高。
 - (2) 在大玻璃珠上面放入約 200 顆黃豆。
 - (3) 放在搖搖機上的盒子裡面，用保麗龍固定。
 - (4) 搖晃五分鐘後，把方形盒取出來。
 - (5) 觀察大玻璃珠和黃豆在方形盒內的堆積排列。

3、觀察大玻璃珠和黃豆的排列：



4、討論：

- (1) 原來小顆粒黃豆是撒在大顆粒的玻璃珠上面，可是當方形盒搖晃五分鐘後，發現小黃豆從隙縫掉落到大顆粒的玻璃珠的空隙中，可是有些地方的大顆粒玻璃珠太緊密了，黃豆也沒有辦法掉落下去，搖晃後依然停留在上面的空隙間。
- (2) 大小顆粒排列的珠子混合在一起搖晃時，也是會越搖晃越緊密的堆積排列。

5、疑問：這些顆粒經過搖晃後，會不會產生更大的壓力？

二、活動二：在不同種子中插入木塊，搖晃後需要多大的力才能拔出來？

(一)我們的想法：

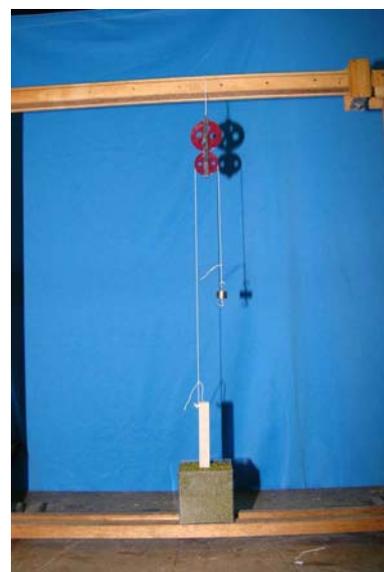
火車鐵軌的枕木埋在小碎石中，來來往往的火車產生搖晃，會不會使枕木更牢固呢？我們先用種子來試試看。

(二)實作材料：

- 1、搖搖機、搖搖架。
- 2、種子：綠豆、豌豆、葵瓜子、小米、蓮子、花生、黃豆、稻穀。
- 3、木條：巴砂木 ($2 \times 2 \times 22.5\text{cm}$)
- 4、其他：方盒子、測量架、定滑輪、棉線、法碼、磅秤。

(三)實作方法：

- 1、把巴砂木放在方形盒中間，下面墊一個 ($2 \times 2 \times 8$) 木條，一手固定著木條。
- 2、把種子分別倒入方形盒理面，使種子的高度為 8cm 。
- 3、把方形盒放在搖搖機上的大盒子裡，用保麗龍塊固定。
- 4、發動搖搖機，計時三分鐘，停止搖動。



5、取出方形盒，測量拔出巴砂木所需的法碼重量。

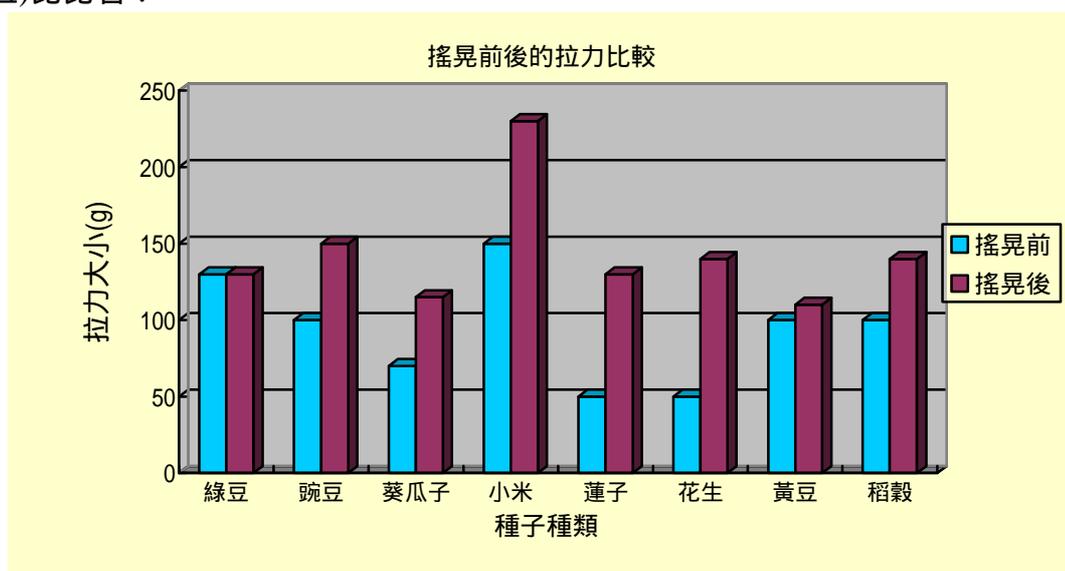
6、每一種種子都用相同的方法測量重量。

(四)實作結果：

單位：克

不同的種子 項目	綠豆	豌豆	葵瓜子	小米	蓮子	花生	黃豆	稻穀
種子的重量	780	735	375	740	500	600	650	560
搖晃前拔出木塊的力	130	100	70	150	50	50	100	100
搖晃後拔出木塊的力	130	150	115	230	130	140	110	140

(五)比比看：



(六)討論：

- 1、各種不同的種子在沒有搖晃時，顆粒間的空隙大排列不太緊密，可是經過搖搖機搖晃三分鐘後，顆粒與顆粒間的排列就越來越緊密了，對於插在中間的巴沙木造成更大的擠壓，所以要拔出來就會更費力了。
- 2、小米的顆粒小經過三分鐘搖晃後，顆粒間就會更緊密的堆積排列，所以會使巴沙木較難拔起；花生、蓮子的顆粒大，經過搖晃後顆粒間會彼此卡在一起使巴沙木也不易拔起。

(七)疑問：植物的種子有一定的形狀，重量輕，可是搖晃後會產生緊密排列，使巴沙木較難拔出，如果換成小石子排列會更緊密嗎？

三、活動三：在顆粒大小不同的小碎石中插入木條，搖晃後比較拔出木條的力量大小。

(一)我們的想法：

在前面的實作中，我們發現小米種子搖晃後，埋在裡面的巴沙木會較難拔起；也發現顆粒大的種子也是有相同的效果。所以我們想：小石子也可能會有一樣的地方。

(二)實作材料：

- 1、搖搖機、搖搖架。
- 2、小碎石：依大小分為粉末、七釐、一分、五分、七分的碎石子（沒有一定形狀，有稜角）。
- 3、木條：巴沙木（2x2x22.5cm）。
- 4、方盒子、測量架、定滑輪、棉線、法碼、碼錶。



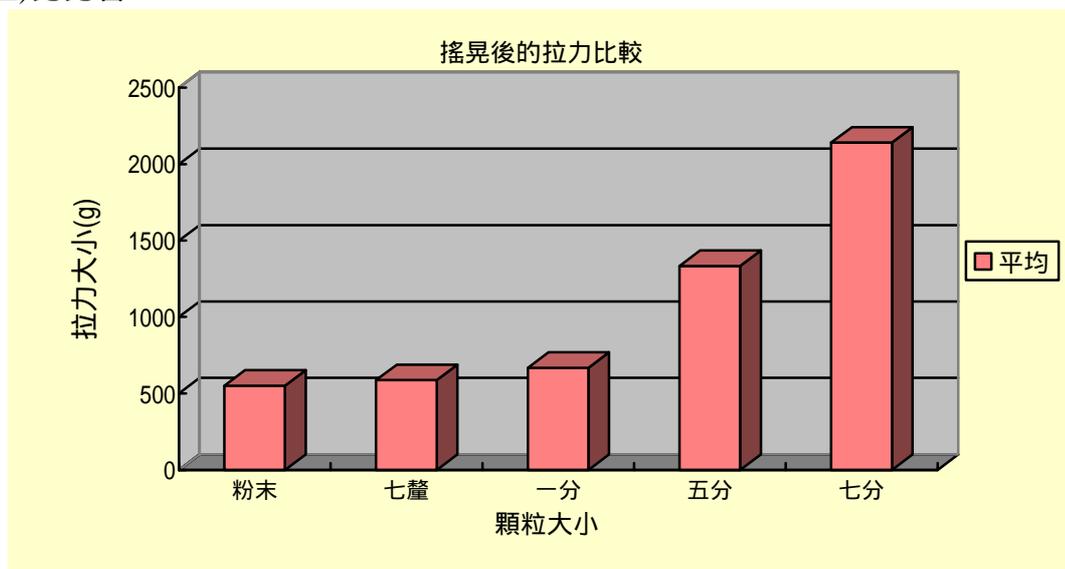
(三)實作方法：和【活動二】相同

(四)實作結果：

單位：克

次數 \ 顆粒大小	粉末	七釐	一分	五分	七分
1	600	650	690	1300	2120
2	500	580	730	1250	2050
3	550	530	580	1450	2250
合計	1650	1760	2000	4000	6420
平均	550	587	667	1333	2140

(五)比比看：



(六)討論：

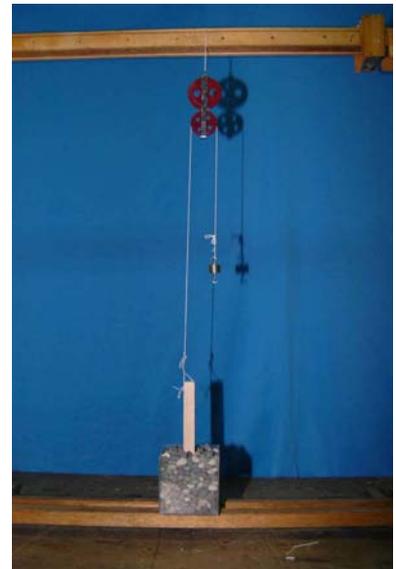
- 1、原以為小石子的顆粒越細，枕木會越難拔起來，也就是越穩固。沒想到實作的結果卻是越大的碎石子（七分），經過搖晃後把枕木壓得越緊，需要很大的力才能拔起來。
- 2、我們一致認為小碎石是大岩石敲碎的，每塊小碎石都是有稜有角，經過搖晃後會互相卡住，使小枕木不容易拔起來。
- 3、粉末中的枕木經過搖晃後，細小的粉末會變的更緻密，緊緊靠在一起使枕木比較不易拔起來。

(七)疑問：利用有棱角的小碎石，枕木埋在裡面經過搖晃後會變得比較難拔起，小石子越大越難拔起，如果小石子用沒有棱角的來試試看會有怎樣的結果？

四、活動四：在顆粒大小不同的圓滑小石子中插入木條，經過搖晃後拔出木條的力量比較？

(一)我們的想法：

做過了有棱角的小碎石實驗，發現大的小碎石會把木條壓的緊緊的，而不容易拔出來，我們想沒有棱角的圓石子，可能會比較容易拔出來



(二)實作材料：

- 1、小石子：(一分、二分、三分)，比較圓滑沒有棱角，每次重量為 1640 克。
- 2、搖搖機、搖搖架。
- 3、小木條：巴沙木 (2x2x22.5cm)
- 4、方盒子、測量架、定滑輪、棉線、法碼、碼錶。

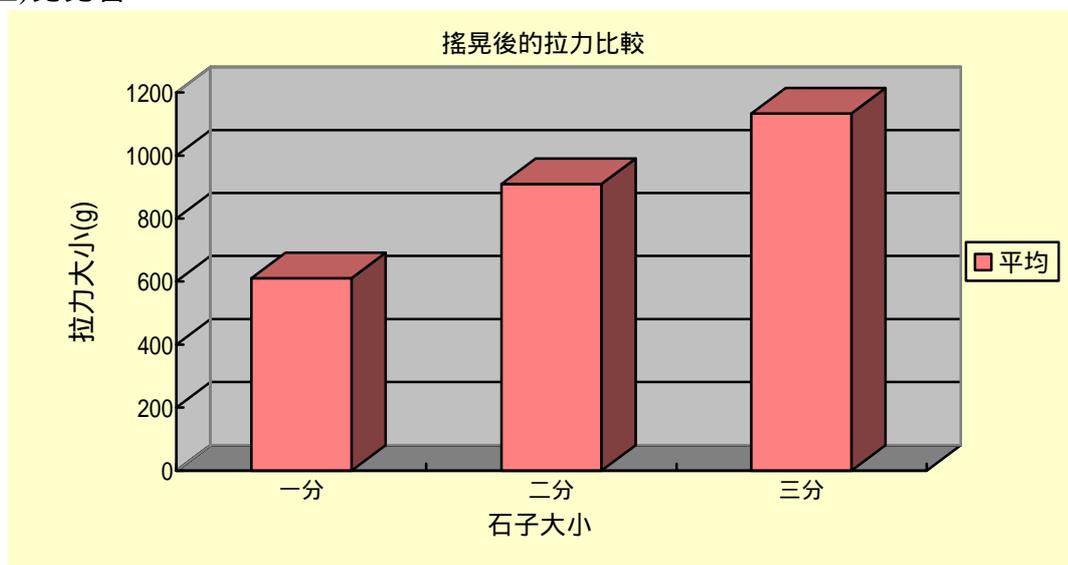
(三)實作方法：和【活動二】相同

(四)實作結果

單位：克

石子大小 次數	一分	二分	三分
1	600	900	1100
2	580	850	1050
3	650	980	1250
合計	1830	2730	3400
平均	610	910	1133

(五)比比看：



(六)討論：

- 1、從實作中發現比較圓滑的小石子，即使大小是 1 分的，也一樣使小木條不易拔起，可是當小石子是 3 分大時，就很難拔起了。
- 2、埋在小石子裡的木條，會因為小石子間的互相卡住而不易拔出來，小石子愈大塊愈不容易拔起來。

(七)疑問：如果把木條埋得深一點，搖晃後會不會更難拔起來？

五、活動五：木條插在小碎石的深度不同，搖晃後拔起來的難度相同嗎？

(一)我們的想法：

我們想木條埋在小碎石裡，會受到小石子間相互的卡住，或壓力的作用而難拔起來；當小石子經過搖晃後，小石子會相互卡得更緊密，而往下面堆積，搖晃愈久會變最緊密的堆積。

(二)實作材料：

- 1、小碎石：選用白色小碎石（5 分）
- 2、小木條：巴沙木（2×2×22.5cm）
- 3、搖搖機、搖晃盒、保麗龍板、紀錄表、照相機

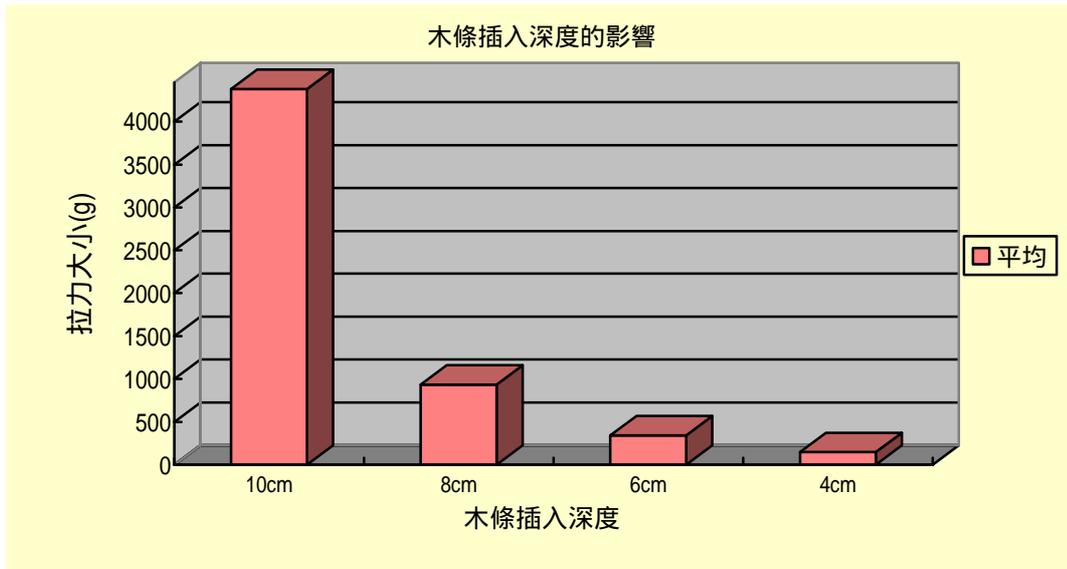
(三)實作方法：

- 1、在四個方形盒的中間分別放置 0、1、2、3 塊木塊（高度 2cm）
- 2、把四支木條（2×2×22.5cm）分別插入方形盆中間，再加滿 5 分的小碎石後，分別秤其重量，使每盒的重量為 1450 克。
- 3、每次放兩盒方型盒到搖晃盒理，用保麗龍塊固定。
- 4、打開開關，方形盒開始搖晃，計時 3 分鐘。
- 5、測量使小木條拔起所用的砝碼數。

(四)實作結果：

木條插入深度 次數	10cm	8cm	6cm	4cm
1	4380 以上	980	630	110
2	4380 以上	1020	520	150
3	4380 以上	800	480	180
合計	13140 以上	2800	1630	440
平均	4380 以上	933	343	147

(五)比比看：



(六)討論：

- 1、木條埋得愈深，會受到小碎石壓力，再經過搖搖機的搖晃（3分鐘）後，這些有稜角的小碎石（5分）會緊緊的堆積，互相的壓住、卡住，造成非常的穩固。
- 2、木條埋在小碎石中愈深，就是和小碎石的接觸面積愈大，造成的阻力或摩擦力就愈大，所以不容易拔起來。

(七)疑問：鐵軌下的枕木搖晃的時間一久，會不會鬆動呢？

六、活動六：搖晃時間的長短會影響埋在小碎石中木條的鬆動嗎？

(一)我們的想法：

埋在小碎石中的木條會受到搖晃時間的影響，搖得愈久會愈緊密，而不易脫落。

(二)材料：和【活動五】相同

(三)實作方法：

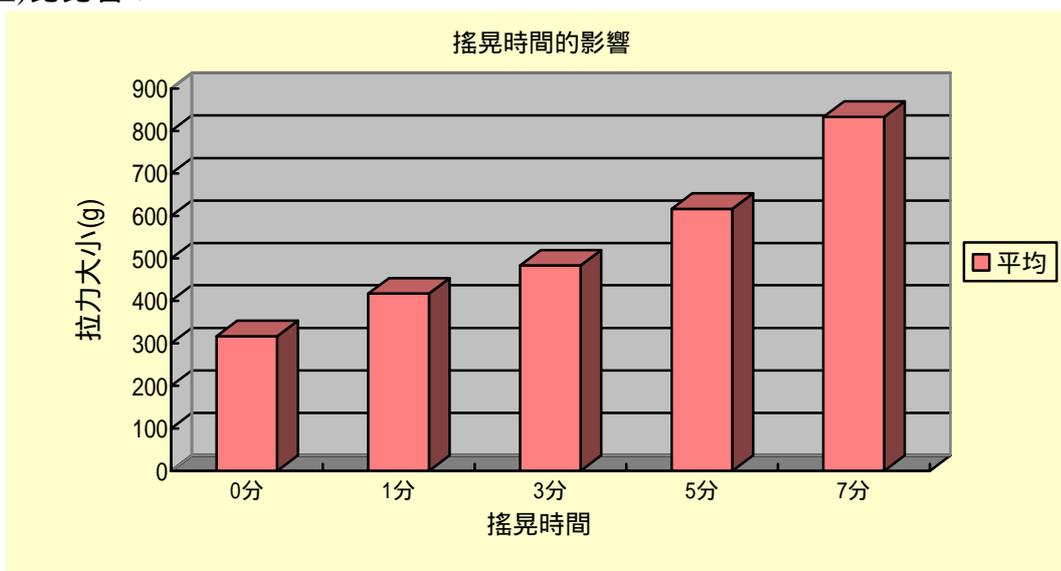
- 1、把四支木條分別埋在四盆五分的小碎石裡。
- 2、放在搖搖機裡搖晃 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘和 7 分鐘。
- 3、分別測試拔掉木條所需的砝碼克數。
- 4、小碎石的重量：1420 克。



(四)實作結果

搖晃時間 \ 次數	0 分	1 分	3 分	5 分	7 分
1	350	450	500	550	850
2	300	400	500	650	800
3	300	400	450	650	850
合計	950	1250	1450	1850	2500
平均	317	417	483	617	833

(五)比比看：



(六)、討論：

- 1、搖晃的時間愈久，要拔出木條所需的砝碼數會愈多，所需的力量愈大。
- 2、在搖晃時上層的小碎石會翻滾，也會慢慢下降。

(七)疑問：木條埋在小碎石中搖晃的時間會影響拔出的力量，可是搖晃的強弱會影響嗎？

七、活動七：埋在小碎石中的木條搖晃的強弱不同，會影響拔起的力量嗎？

(一)我們的想法：

坐火車時，會覺得搖晃不停，車子愈快搖得愈大，這樣會使鐵軌下方的枕木鬆掉嗎？

(二)材料：和【活動五】相同

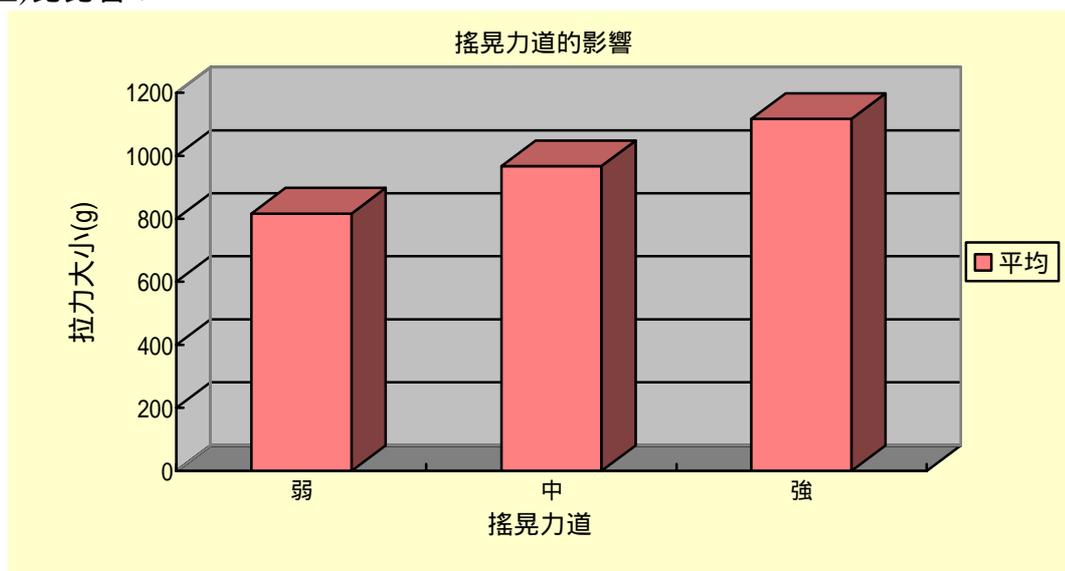
(三)實作方法：

- 1、把三支木條分別埋在三盆 5 分的小碎石裡。
- 2、分別放在搖搖機上，用弱、中、強三種力量搖動。
- 3、放在測試器上，測出多少的力可以拔起來。

(四)實作結果：

次數	強弱	弱	中	強
1		850	950	1100
2		750	900	1050
3		850	1050	1200
合計		2450	2900	3350
平均		817	967	1117

(五)比比看：



(六)討論：

- 1、實驗時，搖晃強弱不同的小碎石中的木條，拔起來所用的砝碼數並沒有相差很大，可能是搖搖機強弱的差別並沒有很大，所以影響木條的程度並沒有很大。

八、活動八：模型的枕木埋在小石子裡的深度不同，會影響拔起來的力量嗎？

(一)我們的想法：

鐵軌下的枕木埋在碎石中並不深，可是來來往往的火車不停的搖晃也不會把它鬆動彈出來。到底埋在小石子裡的木塊會不會受到搖晃的影響。

(二)材料：

- 1、模型枕木（1.7×4×20cm）
- 2、小石子（圓球形）
- 3、搖搖機、定滑輪、砝碼、棉線

(三)實作方法：

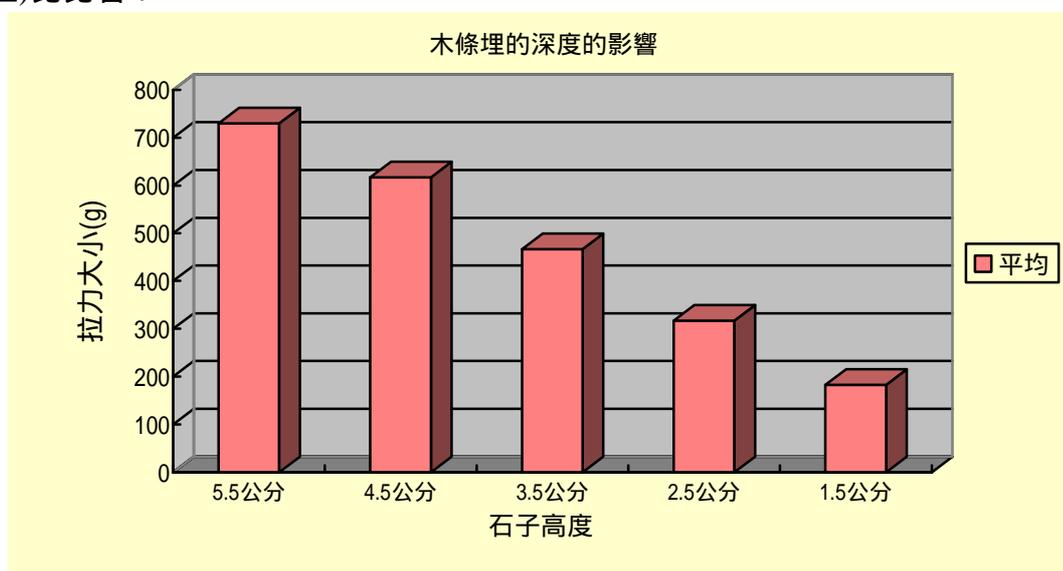
- 1、把模型枕木放置在搖搖機的木箱中，用小石子（1分）把模型枕木埋起來。
（每一次的高度為：5.5cm、4.5cm、3.5cm、2.5cm、1.5cm）

- 2、把開關打開，開始計時（搖搖機每次搖晃 3 分鐘。）
- 3、每一種高度各做三次。
- 4、紀錄實作結果。

(四)實作結果：

小石子高度 次數	5.5 公分	4.5 公分	3.5 公分	2.5 公分	1.5 公分
1	700	600	450	350	200
2	750	650	450	300	200
3	750	600	500	300	150
合計	2200	1850	1400	950	550
平均	730	617	467	317	183

(五)比比看：



(六)討論：

- 1、模型枕木埋的愈深，愈不容易被拔起來，可能是埋的愈深就有較多的石子卡住枕木。
- 2、在搖晃後，小石子下層的空隙會被上層的小石子佔去，所以埋的愈深模型枕木就愈穩。

(七)疑問：實作中使用的小石子是 1 分大小，如果使用更大的小石子，模型枕木會更穩固嗎？

九、活動九：用不同粗細的小石子來埋模型枕木，須用多少力才能拔起來。

(一)我們的想法：

火車鐵軌的枕木都埋在碎石裡，經過長久的火車搖晃不會鬆動，為什麼不用細沙、泥土或柏油呢？

(二)材料：

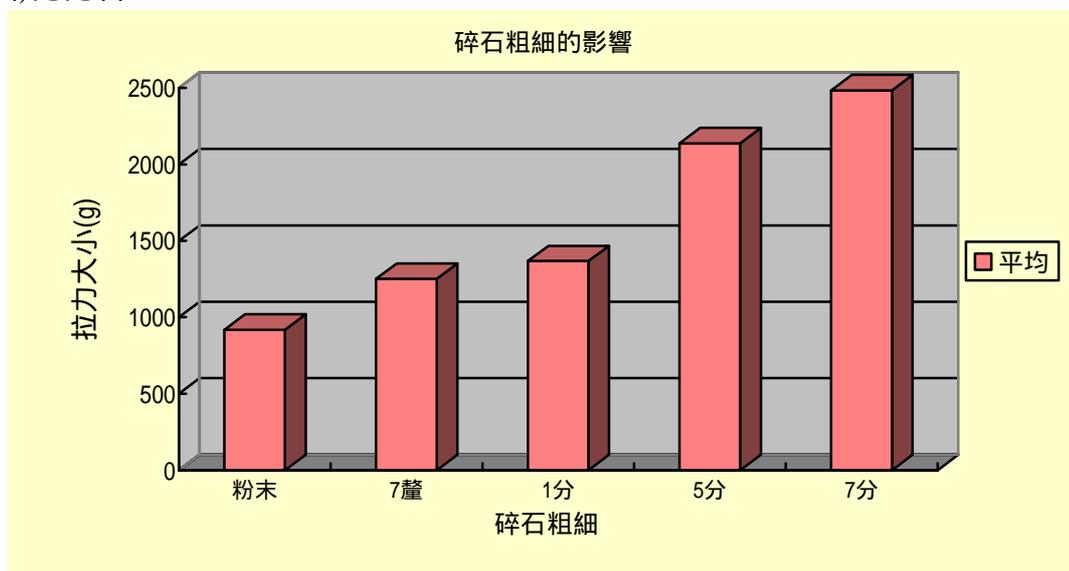
- 1、不同粗細的碎石子：(粉末、7 釐、1 分、5 分、7 分) 有稜角、不規則。

- 2、模型枕木 (1.7×4×20cm)
- 3、搖搖機、定滑輪、砝碼、棉線
- 4、實作方法：與【活動八】相同

(三)實作結果

次數 \ 不同的碎石	粉末	7 釐	1 分	5 分	7 分
1	1000	1300	1300	2100	2450
2	900	1200	1350	2210	2650
3	850	1250	1450	2100	2350
合計	2750	3750	4100	6410	7450
平均	917	1250	1367	2137	2483

(四)比比看：



(五)討論：

模型的枕木埋上大小不同的小碎石，拔起來的力量也不同，愈大的小碎石所埋的模型枕木，需花更大的力量才能拔起來，而較細小的小石子所埋的模型枕木，就較容易拔起來。可能是較大的小碎石比較重，又有稜有角，容易互相卡住。再經過搖晃後，小碎石都會下陷，相互堆積緊密，卡住的緊密，所以更不容易拔起來。

十、活動十：我們來設計鋪設鐵軌

(一)實作的經驗：從前面的九個實作中，我們有了下面的發現：

- 1、模型的枕木是鋪設在木箱上，沒有釘到木板。
- 2、模型的枕木埋上小碎石（有棱角），就會穩固，如果在經過搖晃在枕木上的小碎石會緊密堆積，而且卡的很牢固，不易鬆動。
- 3、鋪在模型枕木上的小碎石以七分的碎石最穩固，不容易把枕木搬動。
- 4、模型枕木的長度、高度和寬度都適合鋪上 5~7 分的小碎石，因為這樣大小的碎石在搖晃後會緊密堆積，彼此卡住就不容易拔起來。
- 5、在作搖晃實驗時，模型枕木要放在實作的盒子裡，小碎石才不會散開
- 6、模型枕木埋上小碎石經過搖晃後，枕木會更穩固，而且搖的越久枕木上的小碎石更穩固，搖的越大力會更緊密。

(二)觀察火車鐵軌下方的枕木：

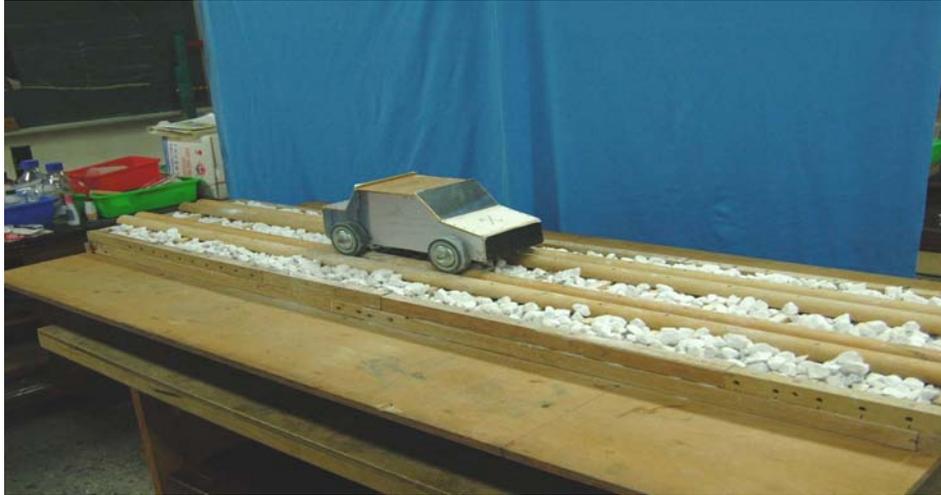
火車鐵軌就在科學館的附近，也離我家不遠。在老師的帶領下去實地參觀，發現了一些特別的設計。

- 1、鐵軌下方的枕木是水泥柱狀，不是木頭。
- 2、水泥枕木的間隔是一公尺。
- 3、鐵軌是架在水泥枕木的上方，用鐵條插住。
- 4、水泥枕木上鋪滿大小不同的碎石子。
- 5、鐵軌兩旁的碎石子比較高有隆起。
- 6、火車通過時，會感受到強烈的搖晃跟震動。

(三)我們也來鋪設鐵軌：

- 1、材料：有黏上六個彈簧的木板、木條（圓柱、長方形、半圓形）、小石子（碎石五分和七分）、汽車模型。
- 2、製作方法：
 - (1) 將木板上的彈簧中黏上圓木條，並釘上釘子加以固定使木板不易傾倒。
 - (2) 用白膠把兩層長方形木條圍成一個長方形，黏在木板上並釘上釘子。
 - (3) 把相同長度的模型枕木立著按照固定的距離排在長方形內左右兩邊要留空隙。
 - (4) 加入五分和七分的碎石至枕木的高度。
 - (5) 將兩條半圓柱木條並列釘在枕木上，左右兩邊各兩條，作為鐵軌。
 - (6) 將模型車內加入小石子，加重車子的重量。

(7) 將裝有石子的車子放上鐵軌，用力一推觀察枕木和小石子的變化。



(四)操作與結果：

- 1、模型小汽車當作火車在軌道上行走時，會有搖晃的感覺，因為軌道架的大木板下方有彈簧，所以玩具小火車行走時代動軌道上的小碎石也跟著搖晃，在很多次操作後，會看見小碎石向下堆積排列，使軌道更穩固。
- 2、鋪在上面的模型枕木只是放上去再放小碎石，沒有用鐵釘釘住，可是很穩固，真的鐵軌也是用相同的方法鋪設。

伍、結論：

- 一、每天都會路過鐵路平交道，仔細觀察發現鐵軌的枕木是埋在碎石塊中，來來往往的火車不停搖晃著，使碎石塊也跟著搖晃而更加緊密堆積，彼此的稜角更加交錯卡住，造成鐵軌穩定和火車行駛的安全。
- 二、「停、聽、看」叫我們注意火車來了，我們覺得更是叫我們停下來，思考鐵軌下的小碎石是越搖越紮實，越久越穩固；叫我們聽！聽見火車駛過時的聲音是搖晃震動的聲音，聲音越大，軌道下的小碎石會越團結的密集在一起固守著枕木與軌道；也叫我們們看，看這大群的小兵-小碎石，百年來都是因為它們的搖晃才緊密守在鐵軌下，保護人們的安全。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 生活與應用科學科

第二名

080818

小石子立大功---火車鐵軌的枕木愈搖愈穩固

臺南市東區東光國民小學

評語：

本作品探討鐵軌枕木與碎石子的功用，並以有系統的實驗驗證碎石可以穩定枕木的晃動，極具科學研究的精神，探討的實驗參數也極為完整，堪稱為一件優秀的作品，故推薦為第二名。