

新竹市第四十一屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理

組 別：國小丙組

作品名稱：下坡行者的秘密

關 鍵 詞：下坡玩具、摩擦力、擺盪

編 號：112PC-P002

下坡行者的秘密

摘要

下坡自走玩具在社群網站以及影音平台十分常見，簡單的材料和製作方法，就可以做出好玩有趣的自走玩具。自走玩具主要依靠左右擺動以及本身材質的彈力，在斜坡上做出一搖一擺的下坡動作。在這個實驗裡，我們探討了腳的不同長度、油土的不同重量、不同的下坡坡面摩擦力、不同的竹籤長度以及不同的重心位置，對下坡玩具行走情況的影響。我們實驗結果發現，最佳配置為：腳長 5cm、兩邊油土各 1g、中粗砂紙坡道、竹籤長 18cm 並將竹籤固定於身體中心位置。增減上述各變因的數量都會導致下坡玩偶擺動的不穩定。


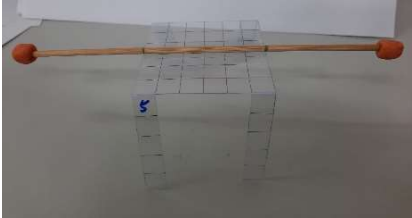

壹、研究動機

現在可以行走的玩具，動力往往都是電力，而電池的電力又不環保，當我們看到新竹動物園紀念品店裡有不用電力就可以行走的玩偶，引起大家的好奇，所以我們上網查關於這種玩偶的資料，查了之後才知道它可以靠重心位置改變在斜坡面上擺盪讓它自行行走，而摩擦力也是使它自行行走的原因之一，所以覺得非常有趣，想要透過這次的實驗深度了解自走玩具的原理。

貳、研究目的

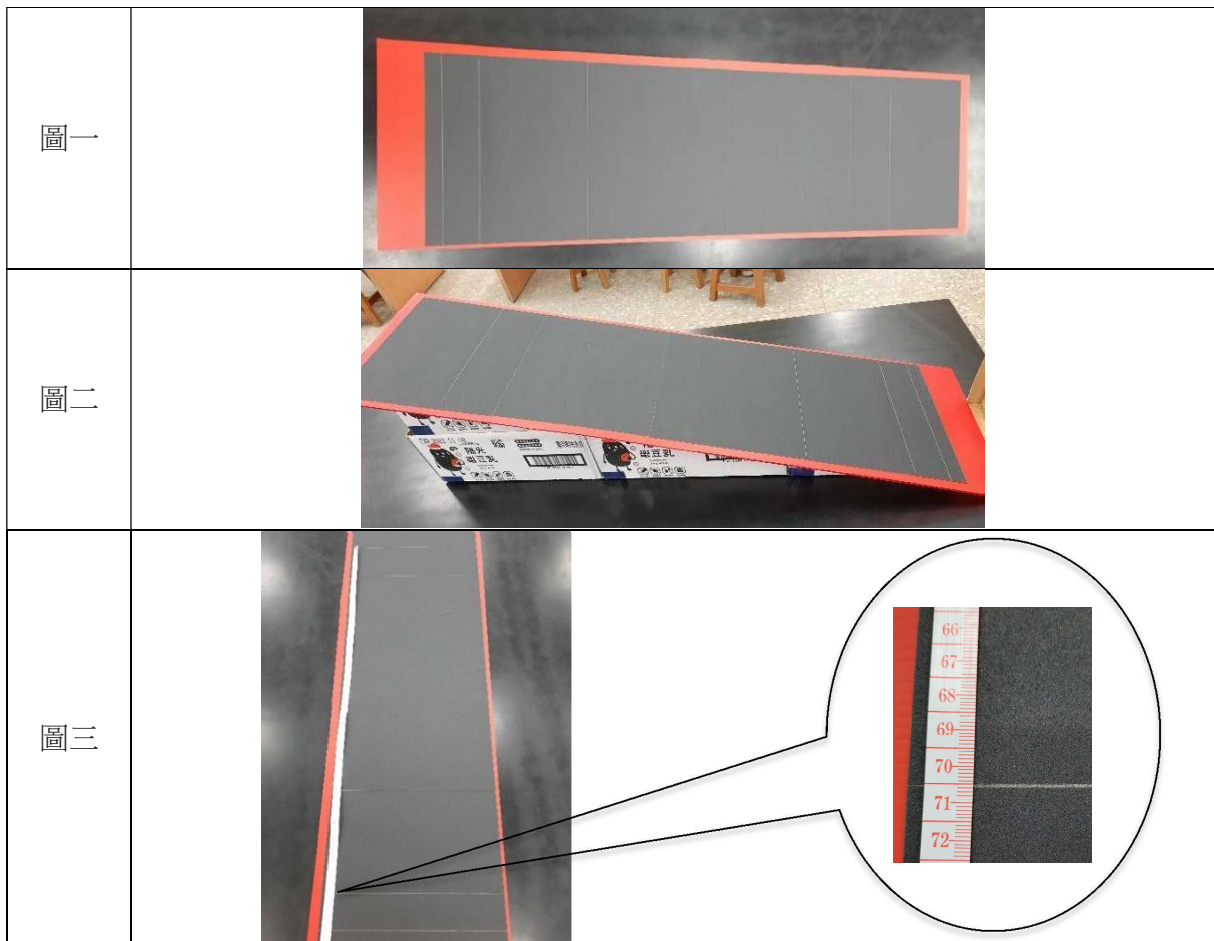
- 一、探討自走玩具腳的長度對行走距離的影響。
- 二、探討自走玩具改變兩邊泥土的重量對行走距離的影響。
- 三、探討自走玩具在不同粗細砂紙上對行走距離的影響。
- 四、探討自走玩具改變配重竹籤的長短對行走距離的影響。
- 五、探討自走玩具改變重心位置後對行走距離的影響。

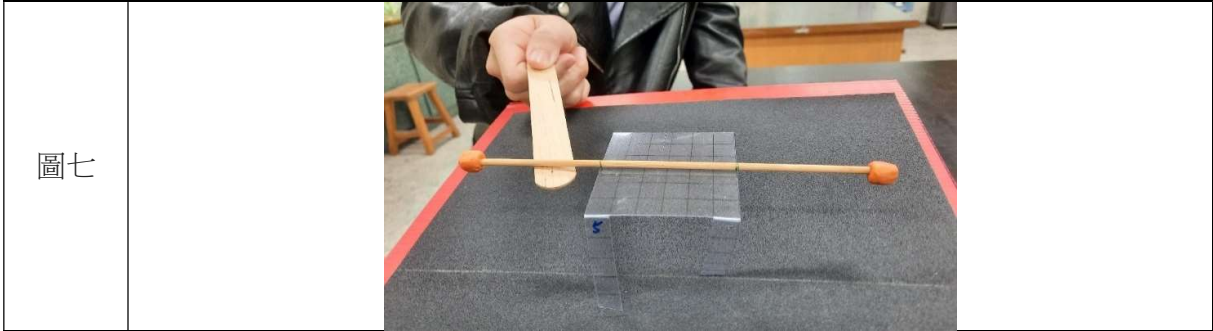
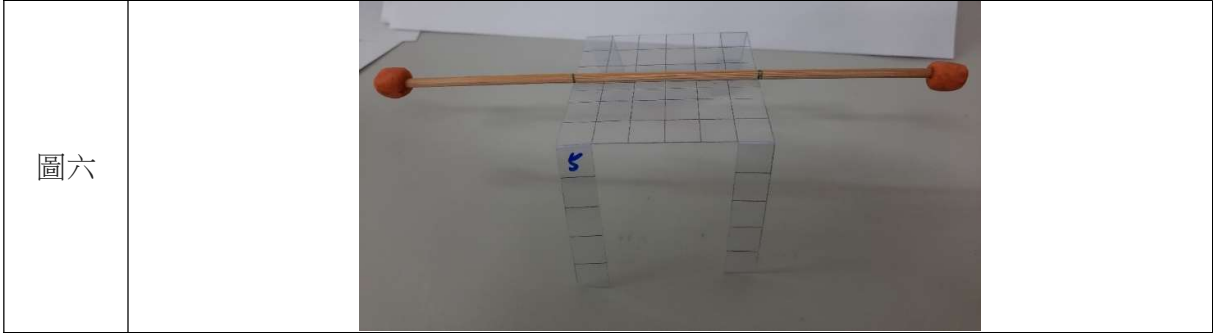
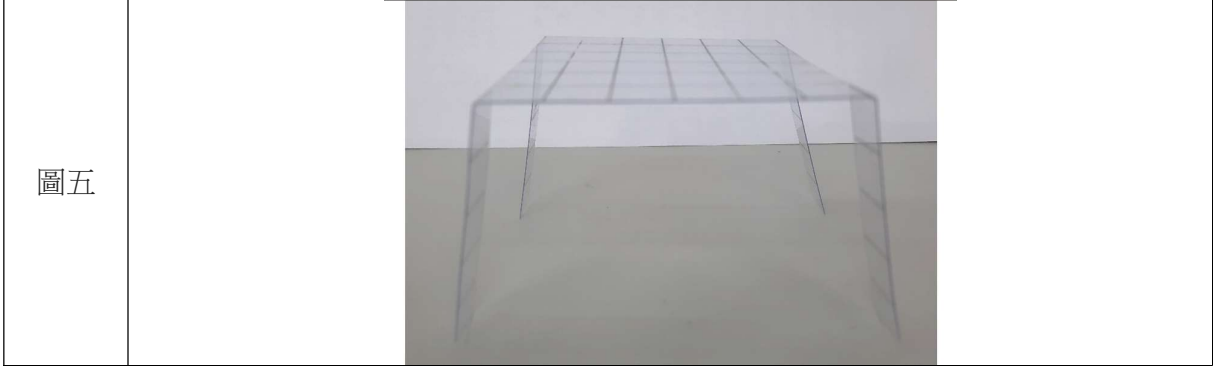
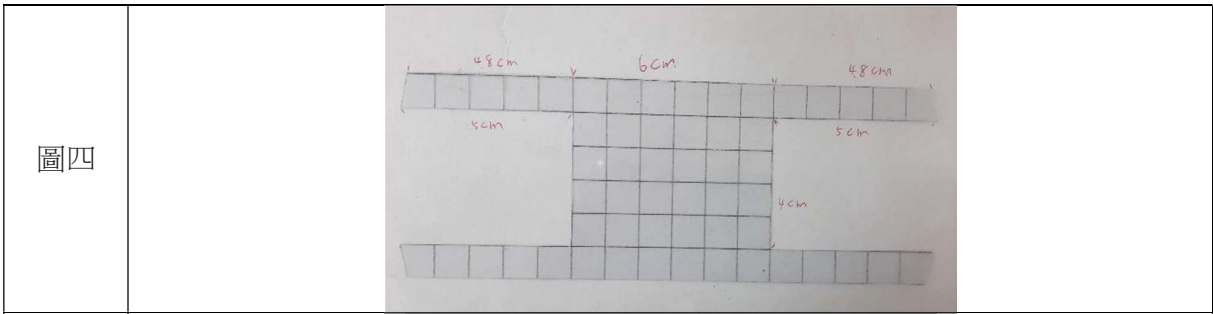
參、研究器材

 <p>黏有砂紙的斜坡</p>	 <p>黏上配重竹籤的塑膠玩偶</p>	 <p>捲尺</p>
--	---	---

肆、研究過程

- 一、在塑膠瓦楞板上先黏上砂紙(圖一)，再利用紙箱裁切出 15 度角的斜坡，將瓦楞板固定在 15 度角的紙箱上，坡道即完成。(圖二)
- 二、在坡道上畫上起跑線，並在距離起跑線 70 公分處作為終點線。(圖三)
- 三、在厚度約 0.25 毫米的透明片上剪出玩偶的版型。(圖四)
- 四、把剪好的塑膠片玩偶，四肢往下摺，要讓四肢與身體的夾角約為 100 度，不可小於等於 90 度。(圖五)
- 五、在其身體中間黏上竹籤橫桿，而竹籤兩端則分別黏上油土增加身體配重。(圖六)
- 六、在起跑線先穩穩放妥塑膠片玩偶，再利用冰棒棍將玩偶翹起，使前腳平貼斜坡後放下(圖七)，讓塑膠玩偶自行往下移動(圖八)。





伍、研究方法與結果

一、實驗一：不同長度的腳，對下坡距離的影響。

(一)實驗方法：

- 1.竹籤長 18cm、斜面角度 15 度、砂紙為中粗、油土重量每邊 1 公克。
- 2.塑膠片玩偶版型不變，只改變了腳的長度，分別為 1 cm、2 cm、3 cm、4 cm、5 cm、6 cm、7 cm。

(二)實驗結果：

表一、不同長度的腳對行走距離影響紀錄表

腳的長度(cm) 行走距離(cm)	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm
第 1 次	0.4	1.4	5.9	49.5	49.5	20.5
第 2 次	0.5	1.0	5.0	55.5	70.0	11.0
第 3 次	0.2	2.0	3.2	67.0	64.0	21.5
第 4 次	0.3	6.0	2.4	65.5	70.0	12.0
第 5 次	0	1.7	3.0	70.0	65.5	10.0
第 6 次	0.3	1.0	3.4	56.5	49.5	11.5
第 7 次	0.3	1.2	2.8	48.0	70.0	16.5
第 8 次	0	1.4	3.4	56.0	48.5	20.0
第 9 次	0.2	1.2	1.5	45.0	46.5	37.1
第 10 次	0.1	1.4	2.4	46.0	70.0	22.6
平均值	0.23	1.83	3.3	55.9	60.35	18.27
備註	黃底：腳長 4cm 的易從側邊掉落。					

(三)實驗發現：

- 1.玩偶的腳越長，會使它無法穩定站立，行走時也容易東倒西歪，像腳長 7cm 的玩偶一放手就倒了，無法行走，因此我們就無記錄了。
- 2.玩偶的腳越短步伐越小，因重力擺盪使它行走時，力道不夠，因此走得不會很遠。
- 3.當玩偶的腳太短時，身體容易被油土往下壓，傾斜擺盪的時候油土容易碰到砂紙，也會影響它行走距離，如 4cm 的擺盪特別大，就容易走歪，從側邊掉下去。
- 4.最後，我們發現腳長 5cm 的玩偶，最能走完我們所設定的全程(70cm)，觀察其行走過程，發現玩偶是利用左右油土的重量來擺動身體，加上我們採用的塑膠片有彈性可以讓它的腳因油土重量稍微下壓而彎曲，因此可以向走路一樣，一步一步往下行走。

二、實驗二：不同重量的油土，對下坡距離的影響。

(一)實驗方法：

- 1.竹籤長 18cm、斜面角度 15 度、砂紙為中粗。
- 2.塑膠玩偶採用實驗一腳長 5cm 的玩偶。
- 3.竹籤橫桿上的油土重量每邊分別為 0.5 公克、1 公克、1.5 公克。

(二)實驗結果：

表二、不同重量的油土對行走距離影響紀錄表

兩側油土重量(g) 行走距離(cm)	0.5g	1g	1.5g
第 1 次	14.0	49.5	56.0
第 2 次	27.0	70.0	22.0
第 3 次	27.1	64.0	9.0
第 4 次	22.7	70.0	16.0
第 5 次	50.8	65.5	15.4
第 6 次	27.0	49.5	13.8
第 7 次	30.7	70.0	8.9
第 8 次	42.7	48.5	9.7
第 9 次	46.5	46.5	11.3
第 10 次	27.3	70.0	31.5
平均值	31.58	60.35	19.36

(三)實驗發現：

這次我們採用實驗一走得較好的「腳長 5cm」的玩偶來實驗，發現將兩邊油土各增加至 1.5g 時，搖晃程度很大，搖搖擺擺地走不遠；而將兩邊油土各改為 0.5g 時，似乎有點輕，晃動會較小些，移動時容易滑步(非一步一步往下走)；而兩邊油土為 1g 時，是較能走完全程距離的。

三、實驗三：不同粗細的砂紙，對下坡距離的影響。

(一)實驗方法：

1. 竹籤長 18cm、斜面角度 15 度。
2. 塑膠玩偶採用實驗一腳長 5cm 的玩偶。
3. 在坡道上分別黏上三種不同粗細的砂紙，分別為大粗（80Cw）、中粗（180 Cw）、細砂（240 Cw）。

(二)實驗結果：

表三、不同粗細的砂紙對行走距離影響紀錄表

行走距離(cm)	油土 0.5g			油土 1g			油土 1.5g		
	大粗	中粗	細砂	大粗	中粗	細砂	大粗	中粗	細砂
第 1 次	11.7	14.0	19.7	21.8	49.5	43.0	17.9	56.0	17.5
第 2 次	14.6	27.0	29.5	47.0	70.0	70.0	4.6	22.0	15.0
第 3 次	33.2	27.1	17.8	70.0	64.0	19.8	8.6	9.0	15.3
第 4 次	10.3	22.7	15.4	18.2	70.0	41.2	7.9	16.0	13.7
第 5 次	10.2	50.8	13.7	34.0	65.5	45.5	15.6	15.4	8.8
第 6 次	15.0	27.0	23.7	60.0	49.5	50.2	7.3	13.8	14.5
第 7 次	12.0	30.7	35.5	32.5	70.0	54.3	20.5	8.9	8.8
第 8 次	18.0	42.7	42.3	35.3	48.5	70.0	33.3	9.7	35.4
第 9 次	12.6	46.5	35.8	70.0	46.5	42.0	10.2	11.3	26.5
第 10 次	18.8	27.3	21.4	30.4	70.0	21.6	25.3	31.5	17.0
平均值	15.64	31.58	25.48	41.92	60.35	45.76	15.12	19.36	17.25

(三)實驗發現：

在實驗二我們發現配重較輕的玩偶在中粗（180 Cw）的砂紙上會打滑，因此我們試著使用不同粗細的砂紙來改變坡道的摩擦力，因此發現若砂紙改為大粗（80Cw）的狀態，無論配重較輕(0.5g)還是較重(1.5g)，行走距離差距不大，但較輕的已經比較明顯無打滑的狀態；在細砂（240 Cw）下，配重輕的玩偶較為輕巧，滑行的步伐也加大，反而比配重重的玩偶走得相對地遠。

因此綜合比較就發現，同樣配重在中粗的砂紙走得較好，接下來為易滑的細砂，最後才是耗能的大粗砂紙。我們猜測在中粗砂紙中，玩偶一離開起跑線後，腳可以輕輕地定在砂紙上，而油土的配重又將腳往下壓，透平片有個彈力，因此可以被彈起，一步一步順利往下行走。在細砂中雖然也可以走得平均較遠，大部分卻是因為摩擦力較小，滑步的距離大所造成的。而在大粗的坡道上，要抵抗較大的摩擦力，因此將動能提早消耗掉了。

四、實驗四：不同長短的竹籤，對下坡距離的影響。

(一)實驗方法：

- 1.斜面角度 15 度、砂紙為中粗、油土重量每邊 1 公克。
2. 塑膠玩偶採用實驗一腳長 5cm 的玩偶。
3. 竹籤長度分別為 16cm、17cm、18cm、19cm。

(二)實驗結果：

表四、不同長短的竹籤對行走距離影響紀錄表

竹籤長度(cm) 行走距離(cm)	16cm	17cm	18cm	19cm
第 1 次	26.4	21.3	49.5	17.0
第 2 次	36.8	33.1	70.0	61.8
第 3 次	15.5	29.2	64.0	12.3
第 4 次	35.7	37.0	70.0	53.9
第 5 次	16.8	40.9	65.5	16.2
第 6 次	15.2	25.7	49.5	26.3
第 7 次	59.7	70.0	70.0	70.0
第 8 次	36.7	23.4	48.5	70.0
第 9 次	44.4	19.2	46.5	41.0
第 10 次	70.0	10.8	70.0	33.6
平均值	35.72	31.06	60.35	40.21
備註	綠底：走一走油土卡在砂紙坡道上。 藍底：往前翻倒。			

(三)實驗發現：

我們發現走得最好的玩偶是竹籤 18cm 的，和身體比例各呈現三分之一的狀態，竹籤加長一點(19cm)，因為力臂加長，晃動的程度也加劇，雖然有較大的動力能行走遠一點的距離，但因搖搖晃晃就很容易停下來了；當竹籤縮短時，似乎 16cm 反而走得比 17cm 來得遠一些，但差距也不大，也許是操作上的一些人為失誤，因為 17cm 有超過一半是走一走竹籤上的油土就卡在坡道上不動了。

五、實驗五：重心位置改變，對下坡距離的影響。

(一)實驗方法：

- 1.竹籤 18cm、斜面角度 15 度、油土重量每邊 1 公克。
2. 塑膠玩偶採用實驗一腳長 5cm 的玩偶。
3. 竹籤固定在塑膠玩偶身上，從原先的正中間往前方挪移 0.5cm、1cm 及往後移 0.5cm、1cm，使玩偶的重心位置改變。

(二)實驗結果：

表五、重心位置改變對行走距離影響紀錄表

重心位置 行走距離(cm)	往前挪移 1cm	往前挪移 0.5cm	正中間	往後挪移 0.5cm	往後挪移 1cm
第 1 次	37.0	13.7	49.5	31.1	22.0
第 2 次	46.1	28.0	70.0	22.7	5.5
第 3 次	70.0	26.3	64.0	22.9	4.1
第 4 次	18.3	3.1	70.0	22.1	5.6
第 5 次	16.0	11.8	65.5	11.1	4.8
第 6 次	23.9	13.2	49.5	18.0	5.8
第 7 次	8.2	4.6	70.0	52.3	3.8
第 8 次	47.1	3.3	48.5	27.5	5.3
第 9 次	27.6	26.5	46.5	19.6	4.5
第 10 次	12.1	15.6	70.0	39.2	15.6
平均值	30.63	14.61	60.35	26.65	7.7
備註	<p>綠底：走一走油土卡在砂紙坡道上。</p> <p>藍底：往前翻倒。</p>				

(三)實驗發現：

當我們在進行不同重心位置的實驗時，發現往前挪移 1cm 時，重心位置太前面，玩偶放在起跑線上時有明顯是用前腳撐住的情形，也導致行走時會大步往前滑，因此在紀錄上看起來可以走比較遠，但相當不穩定。而往後挪移 1cm 時，整體重心往後，玩偶放在起跑線上可四平八穩的站好已沒有靠前腳撐住的情況了，但可能是太穩固了，往下移動時反而沒有動能可以往下行走了，因此走得不遠。

陸、討論

- 一、實驗時我們使用了透明塑膠片來製作玩偶，當給予配重後，四隻腳會微微呈現彎曲狀，因此往下移動時，會因為彈力而形成了像走路一樣一步一步往下邁進。
- 二、在實驗過程中發現，油土的重量會影響玩偶擺盪的幅度，而坡道的摩擦力剛好削弱此動能。玩偶在起步時若能穩定往下行走，它靠的是左右擺盪讓它有個力量往下行走，砂紙的顆粒剛好讓玩偶的腳可以固定在坡道上，而透明片的彈力正好讓它可以一步一步移動。
- 三、若坡道的摩擦力不夠大，玩偶有時會出現直接下滑的情形，反而測量出來的行走距離較遠。而摩擦力較大時，反而會消耗掉更多動能，使玩偶行走不遠。
- 四、竹籤長短會影響擺盪的幅度，若擺盪劇烈時，玩偶雖然可以走很快，但距離不見得很遠。
- 五、改變配重位置時，本以為在斜坡上，將重心往後挪移會走得較穩，沒想到反而沒有往下走的力量。倒是將重心往前挪移時，身體會往前腳傾斜，不知不覺帶動了一股往前衝的力量，只不過也不是很穩定行走。

柒、結論

研究結果發現，以我們製作的自走玩具而言，

- 一、以腳長 5cm 是最適合行走的玩偶，過長的腳會使腳因負擔重量而變形，不易前進；過短的腳導致擺動幅度不大而且容易讓兩邊擺動的竹籤和油土碰觸坡道而停止。
- 二、每邊 1g 油土可以讓自走玩具走得最遠，過重導致擺盪過大，過輕造成擺盪過小，都不利於下坡距離。
- 三、中粗砂紙對下坡距離有最大的幫助，過粗的砂紙造成自走玩具擺盪的力量過早消失而停止，過細的砂紙會讓自走玩具往下滑行，但也容易讓擺盪動作不穩定以及容易偏向。
- 四、18cm 的竹籤長度最佳，增加長度會造成擺盪變大，雖然增加下坡力道，但也因擺盪過大，會讓自走玩具容易走偏；而減少長度會讓擺動變小，降低下坡力道。
- 五、擺盪用的竹籤和油土，配置在玩具中心最佳，往前挪移會使身體往前腳偏，造成容易下滑的現象，擺盪動作不穩定，往後配置太穩固了導致不易擺盪，不容易做出下坡的動作。

最好配置就是最平衡的配置，過多或過少都會產生不力於下坡的情況。未來我們可以試著使用不同材質製作玩具，也可以製作出其他不同造型的下坡玩具，繼續找出最強的下坡玩具製作方式。

捌、參考文獻資料

- 一、許良榮（2018）。**振動下坡**。玩出創意 5：50 個魔法科學實作（22-25 頁）。台北：五南圖書公司。
- 二、**未來兒童** p.38~p.39。2017 年第 45 期。

三、許良榮。步行下坡。台中教育大學科學教育與應用學系-科學遊戲實驗室。

<http://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-049.html>

四、Zfang (2017, January 23)。[教學資源] 讓玩具自走(重心、震動)。Zfang 的科學小玩意.

<https://n.sfs.tw/content/index/12469>