

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

佳作

080822

有趣的扭蛋-偏心機構的研究與應用

學校名稱： 臺北縣中和市興南國民小學

作者：	指導老師：
小六 江品潔	張政義
小六 余佳潔	管世樑
小五 張毓麟	
小五 管紀亞	
小五 林珈民	
小四 張源麟	

關鍵詞：滾動、重心、偏心機構

有趣的扭蛋-偏心機構的研究與應用

摘 要

我們在五上藝術與人文「第二單元：環境的藝術」的課程裡，我們發現保麗龍球中間挖空，放了一顆比保利龍球還要小的球，放在地上滾，路線和一般的圓球不一樣，非常有趣。我們想了解我們的「布偶球」滾動的變化，重心和力的關係，同時想探討利用的可能性。我們發現：(一)物體中空有重物(球)時，會彎曲滾動。(二)物體的滾動會受實心和空心的影響。(三)物體重心的位置改變會影響物體的滾動方式及路線，會偏向較重的一方滾動。(四)物體在旋轉時，會產生一股向外的離心力。(五)我們利用彈珠滾動改變圓球重心的原理，作出第一代的扭蛋五種(保利龍球加彈珠-分別放 1-5 個彈珠)(六)我們利用鐵罐、橡皮筋加螺帽，做出第二代會滾過去、滾回來的扭蛋。(七)我們利用馬達可以持續轉動的功能，加上竹筷，做出第三代的扭蛋。(八)我們利用改變重心位置會影響物體的滾動方式及路線的原理，加上馬達，做出第四代的扭蛋(透明及不透明球加馬達加偏心結構)(九)我們的扭蛋除了很好玩以外還可以做為自動清理地板的好幫手，真是有趣又實用。我們透過「有趣的扭蛋」的研究，可以把科學的研究成果在日常生活當中加以應用，覺得有趣又有意義。

關鍵詞：滾動、重心、偏心機構

有趣的扭蛋-偏心機構的研究與應用

一、研究動機

我們在五上藝術與人文「第二單元：環境的藝術」的課程裡，我們發現一種很好玩的球。它是把保利龍球中間挖空，放了一顆比保利龍球還要小的球，放在地上滾，路線和一般的圓球不一樣，另外，我們又做了各式各樣的球，非常有趣，因此我們展開了研究。

二、研究目的

- (一) 我的「布偶球」是怎樣滾動的呢？
- (二) 物體的滾動會受實心和空心的影響嗎？
- (三) 重心會影響物體的滾動嗎？
- (四) 物體在旋轉中會產生力嗎？
- (五) 我們的第一代的扭蛋。
- (六) 我們的第二代的扭蛋。
- (七) 我們的第三代的扭蛋。
- (八) 我們的第四代的扭蛋。
- (九) 扭蛋的應用。

三、研究器材設備

保利龍球、彈珠、木板、直徑 10cm 寬 7cm 的空心水管、塑膠管、橡皮管、螺帽、各種不同大小的水管、量角器。

四、研究方法與過程

(一) 我的「布偶球」是怎樣滾動的呢？

【研究 1】

方法：

- 我們將各種球加入直徑 1 公分紙黏土球及彈珠做成「布偶球」(如圖)，並且加以編號。A-保利龍布偶球、B-保利龍球、C-圓形塑膠球、D-蛋型塑膠球、E-乒乓球。
- 我們把各種球在長 5 公尺的地面上滾動觀察，並比較它滾動的路徑。

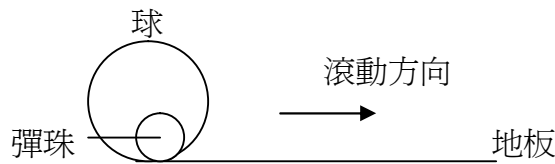


表 1 「布偶球」滾動比較表

球的種類	A			B			C			D			E		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
距離 (m)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
滾動路線	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

結果：

- 我們發現各種球在滾動的時後，會斷斷續續，停停走走，如果沒有用點力把球推一下，球有時候就會往後滾。
- 各種球滾動路線如表 1。

(二) 物體的滾動會受實心和空心的影響嗎？

【研究 2】

方法：

- 我們用長 100cm 寬 30cm 的木板及大型量角器作成滾動觀察台 (如圖)。
- 我們取各種直徑及寬的圓柱形柱 12 種加以編號，在觀察台上固定 30 度測試。
- 記錄滾下來的時間。

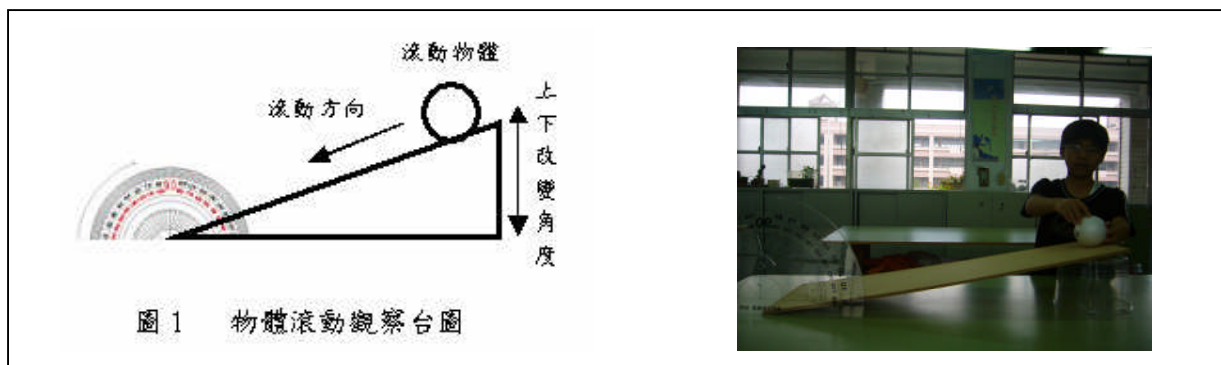


表 2 不同形狀物體滾動比較表

第一次滾動實驗紀錄

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
時間	1.34	1.35	1.1	1.20	1.34	1.47	1.22	1.12	1.10	1.34	0.98
距離 (cm)	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm
滾動路線	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

第二次滾動實驗紀錄

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
時間	1.09	1.46	1.35	1.2	1.34	1.49	1.22	1.35	1.23	1.34	0.98
距離 (cm)	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm
滾動路線	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

第三次滾動實驗紀錄

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
時間	1.69	1.58	1.30	1.59	1.09	1.45	1.35	1.37	1.25	1.34	1.35
距離 (cm)	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm
滾動路線	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

結果：

- 1.不同的球滾的路線就不同，有直線、曲線、不規則線……等。
- 2.實心的球比空心的球滾的比較快。

(三) 重心會影響物體的滾動嗎？

【研究 3-1】

方法：

1. 在塑膠管上，慢慢的裝螺帽，分別裝 1-4 個螺帽（如圖）。
2. 用研究 2 的方法加以測試並紀錄比較。



表 3-1 物體滾動路徑和時間觀察表

做 3 次

螺帽個數	1			2			3			4		
時間 (秒)	1.24	2.55	1.58	3.9	1.11	1.94	0.74	1.09	1.33	0.87	0.74	0.97
路線	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

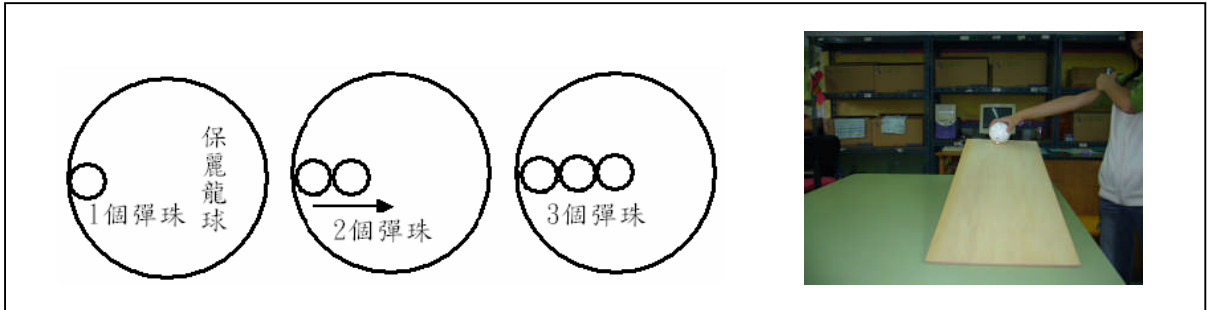
結果：

- 1.會發現不同的重量和重心位置會改變滾動的路徑和時間。
- 2.雖然是直線滾動但會有時快有時慢。

【研究 3-2】

方法一：

- 1.將彈珠放進保麗龍球的洞裡第一次放進 1 顆，第二次放進 2 顆，第三次放進 3 顆，用研究 2 的方法測試紀錄比較研究。



- 2.我們將彈珠固定在上、下、左、右、前、後的位置測試紀錄比較研究（如下圖）。

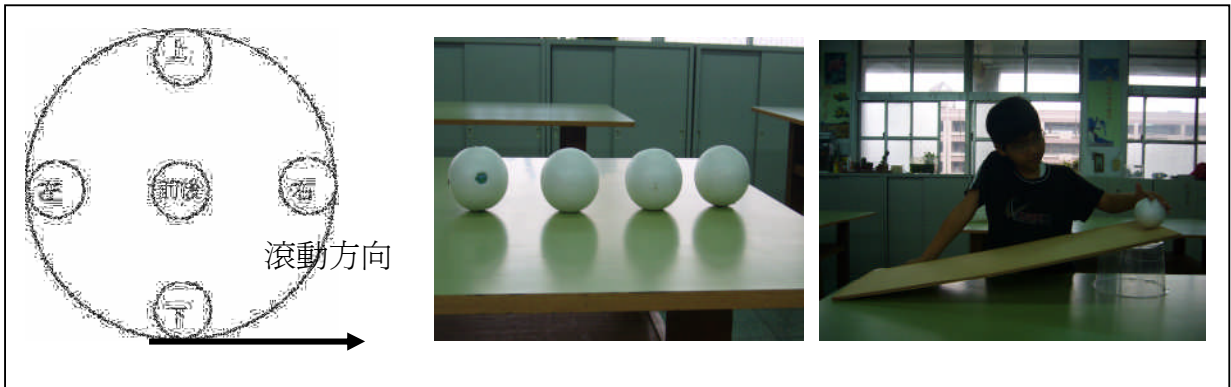


表 3-2 彈珠個數影響滾動觀察表

物體種類	1 個彈珠	2 個彈珠	3 個彈珠
時間（秒）	1.10	1.11	1.09
距離（cm）	90cm	90cm	90cm
滾動路線	↓	↓	↓

結果：

1. 彈珠越多就表示重量越重，滾動的力量就越大，因此時間就越短，所以彈珠的數量越少滾動的力量就越小，時間就越長。
2. 彈珠球滾動的路線會受到重量和重心位置改變的影響。

方法二：

1. 挖好三個彈珠深度的寶麗龍球，每次放進一顆彈珠，
2. 以方法一及研究 2 的方法測試紀錄，觀察比較研究（如下圖）

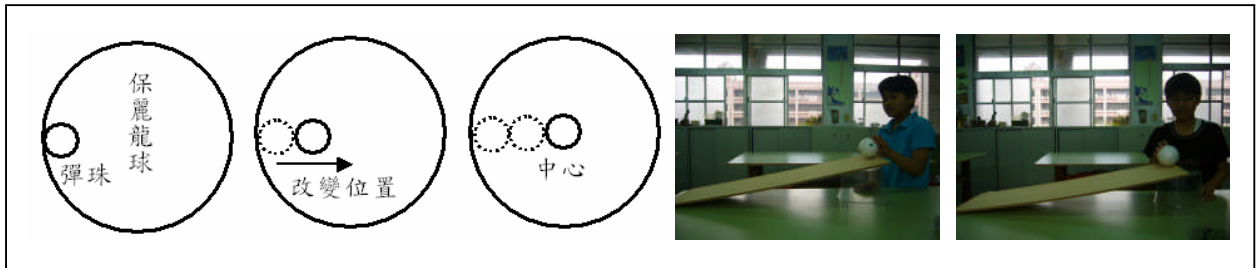


表 3-3 彈珠位置影響滾動觀察表

物體種類	位置 1	位置 2	位置 3
時間 (秒)	1.93	1.24	1.22
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm
滾動路線	↓	↓	↓

結果：

1. 深度越深滾動的時間越短，深度越淺滾動的時間就越長。
2. 球的位置在上、下、前、後時滾動的路線是直線的；位置在左、右時滾動的路線是彎曲的。

方法三：

1. 我們將保利龍球挖 1-14 個彈珠大的孔（位置如圖），分別放入 1-14 個彈珠（每次放 1 個，2 個，3 個……14 個），加以測試觀察比較。
2. 方法一及研究 2 的方法測試紀錄，觀察比較研究（如下圖）

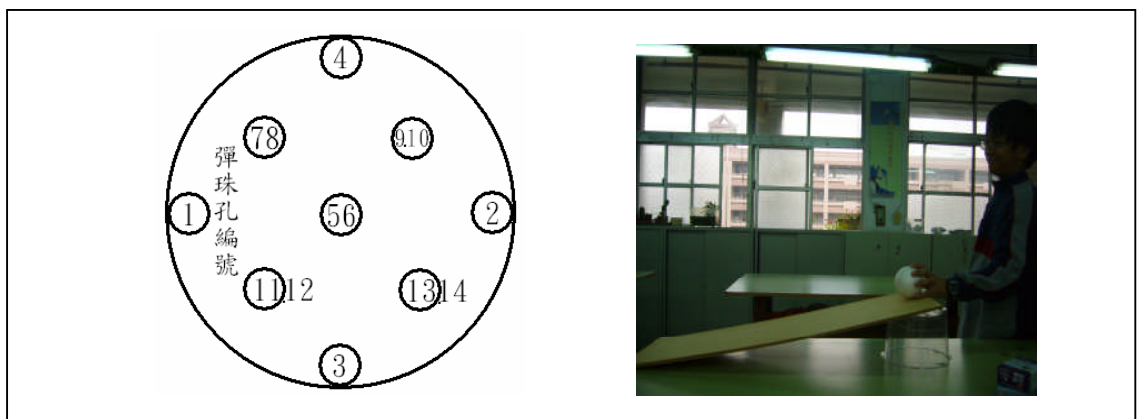


表 3-4 彈珠位置影響滾動觀察表

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14
時間	1.1	1.45	1.81	0.98	1.44	1.09	1.21	1.1	1.2	1.21	1.7	1.58	1.1
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線													

結果：

- 1.因為彈珠放的地方不同，滾動的時間和路徑也會不同。實驗中可以發現重量（心）所在的地方不同，滾動的時間和路線也會不同。
- 2.會發現放在不同的孔裡滾動路徑會不同，時間也會不同。
- 3.放置彈珠的地方越中心會越平衡，滾下的路徑就會越直越順利，各組情形如下：

表 3-5 2 個彈珠組合位置實驗觀察紀錄表

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11	1-12	1-13	1-14
時間	1.47	1.32	0.96	1.34	0.98	1.56	1.57	0.73	0.83	1.21	0.62	1.21	0.98
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線													












表 3-6 3 個彈珠組合位置實驗觀察紀錄表

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	1-2-3	1-2-4	1-2-5	1-2-6	1-2-7	1-2-8	1-2-9	1-2-10	1-2-11	1-2-12	1-2-13	1-2-14
時間	1.85	1.75	1.33	1.11	0.86	1.09	0.86	0.98	0.73	0.99	0.98	1.23
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線												







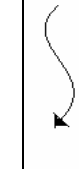
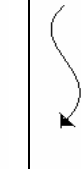


3 個彈珠

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	2-3-4	2-3-5	2-3-6	2-3-7	2-3-8	2-3-9	2-3-10	2-3-11	2-3-12	2-3-13	2-3-14
時間	0.61	0.61	0.85	0.86	0.73	1.7	0.86	0.73	0.62	0.48	1.47
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線											










3 個彈珠

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	3-4-5	3-4-6	3-4-7	3-4-8	3-4-9	3-4-10	3-4-11	3-4-12	3-4-13	3-4-14
時間	1.47	0.86	0.45	0.61	0.37	0.86	0.62	1.22	1.59	1.21
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線										



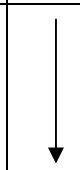

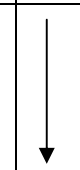


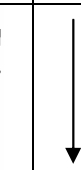
3 個彈珠

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	4-5-6	4-5-7	4-5-8	4-5-9	4-5-10	4-5-11	4-5-12	4-5-13	4-5-14
時間	0.74	1.1	0.73	0.62	0.49	0.73	0.62	0.97	0.98
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線									

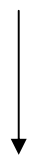






3 個彈珠

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	5-6-7	5-6-8	5-6-9	5-6-10	5-6-11	5-6-12	5-6-13	4-5-14
時間	1.11	0.99	1.47	1.47	1.22	0.61	0.61	0.85
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線								








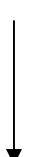
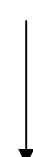


3 個彈珠

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	6-7-8	6-7-9	6-7-10	6-7-11	6-7-12	6-7-13	6-7-14
時間	0.97	0.75	0.73	0.87	0.49	0.97	0.98
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線							

3 個彈珠

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	7-8-9	7-8-10	7-8-11	7-8-12	7-8-13	7-8-14	8-9-10	8-9-11	8-9-12	8-9-13	8-9-14
時間	0.61	0.98	0.74	0.84	0.49	0.61	0.61	0.49	0.87	1.12	0.49
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線											

3 個彈珠

單位：時間（秒） 距離（公分）


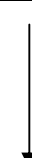



















物體種類	9-10-11	9-10-12	9-10-13	9-10-14	10-11-12	10-11-13	10-11-14	11-12-13	11-12-14	12-13-14
時間	0.85	0.49	1.31	0.62	0.74	1.34	1.09	0.61	0.74	0.99
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線										

表 3-7 4 個彈珠組合位置實驗觀察紀錄表

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	1-2-3-4	1-2-3-5	1-2-3-6	1-2-3-7	1-2-3-8	1-2-3-9	1-2-3-10	1-2-3-11	1-2-3-12	1-2-3-13	1-2-3-14
時間	0.99	1.84	1.1	0.86	0.14	1.04	0.99*	1.55	0.73	1.7	0.75
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線											

4 個彈珠

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	2-3-4-5	2-3-4-6	2-3-4-7	2-3-4-8	2-3-4-9	2-3-4-10	2-3-4-11	2-3-4-12	2-3-4-13	2-3-4-14
時間	0.62	0.85	0.61	0.62	1.6	1.58	0.58	0.37	0.49	0.74
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線										

4 個彈珠

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	3-4-5-6	3-4-5-7	3-4-5-8	3-4-5-9	3-4-5-10	3-4-5-11	3-4-5-12	3-4-5-13	3-4-5-14
時間	0.61	0.49	0.74	0.49	0.49	1.33	0.74	0.72	0.62
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線									

4 個彈珠

單位：時間（秒） 距離（公分）

物體種類	4-5-6-7	4-5-6-8	4-5-6-9	4-5-6-10	4-5-6-11	4-5-6-12	4-5-6-13	4-5-6-14
時間	0.49	0.62	1.48	0.49	0.74	1.7	0.49	1.35
距離 (cm)	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm	90cm
滾動路線								

(四) 物體在旋轉中會產生力嗎？

【研究 4】

方法：

- 1.將底片盒底部挖洞，將塑膠管裡放入兩邊各 30cm 的線，再將線尾打死結固定。
另一頭的死結要放進底片盒裡，另一頭要勾著鐵絲所以要多打幾個結，鐵絲要放著墊片，依照順序加入並且轉動做實驗。
- 2.

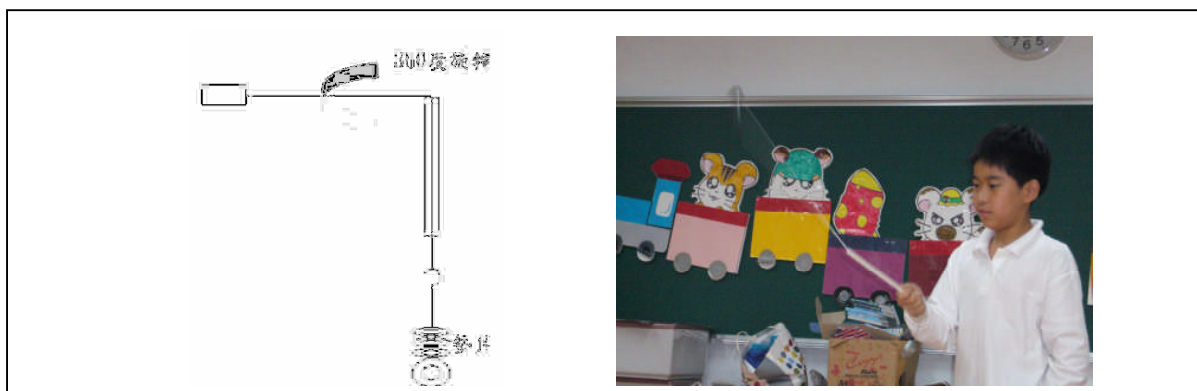


表 4 物體旋轉力測試表

時間	1 分	1 分	1 分	1 分	1 分	1 分	1 分	1 分	1 分	1 分
墊片	1 個	2 個	3 個	4 個	5 個	6 個	7 個	8 個	9 個	10 個
轉動次數	148 下	140 下	132 下	124 下	116 下	108 下	100	92 下	84 下	76 下

結果：

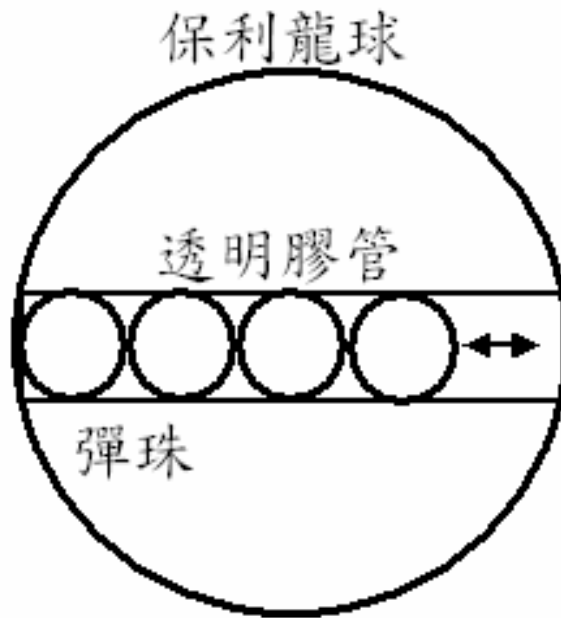
- 1.做完實驗後我們發現一個墊片比較輕，所以力量較小轉動次數也比較多。
- 2.墊片越多力量較大，轉動的次數就越少。
- 3.另外我們發現從一個墊片到十個墊片每一次轉動的次數都各差 8 次。

(五) 第一代的扭蛋。

【研究 5】

方法：

1. 我們將保利龍球中間放一個長 8.5 公分、寬 1.5 公分的透明膠管，分別加入 1-5 個彈珠（每次增加 1 個，增加至 5 個，共 5 組）
2. 以研究 1，研究 2，研究 3 的方法一的方法測試紀錄，觀察比較研究。



第一代的扭蛋圖

結果：

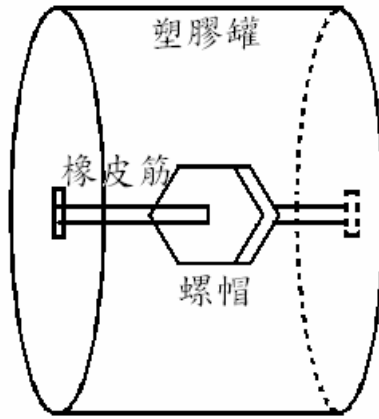
1. 彈珠滾動會影響球滾動的路線和方法。
2. 彈珠越多停停滾滾的現象越明顯。
3. 彈珠在左、右的位置時，彎曲擺動滾動的情形非常明顯。
4. 我們的各組第一代的扭蛋有一個有趣的擺動滾動現象，但是無法自己不斷滾動，因此我們研究第二代的扭蛋。

(六) 第二代的扭蛋（鐵罐加橡皮筋加螺帽加筷子）

【研究 6】

方法：

- 1.我們用直徑 8.5 公分、寬 5 公分的膠管，將螺帽及橡皮筋放入膠管中
2. 以研究 1，研究 2，研究 3 的方法一的方法測試紀錄，觀察比較研究。



第二代的扭蛋圖

結果：

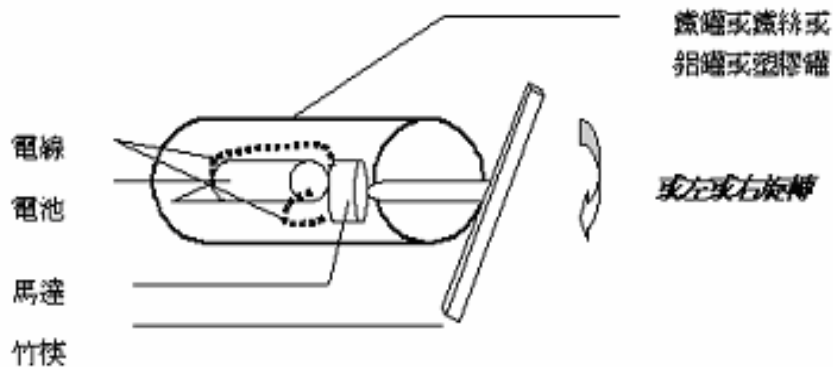
- 1.第二代的扭蛋會向前滾動後再滾回來。
- 2.但是仍無法自己不斷滾動，因此我們研究第三代的扭蛋。

(七) 第三代的扭蛋（馬達加鐵罐加筷子）

【研究 1】

方法：

- 1.我們用直徑 5 公分、長 10 公分的膠管，將馬達、電池組合加上長 15 公分的竹筷放入膠管中，做成第三代的扭蛋。
2. 以研究 1，研究 2，研究 3 的方法一的方法測試紀錄，觀察比較研究。



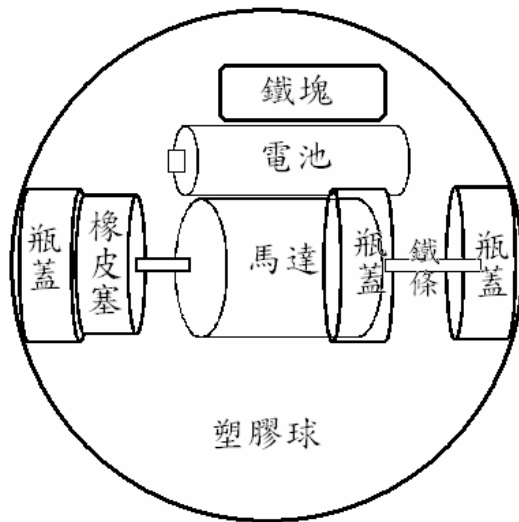
結果：第三代的扭蛋可以左右不停的旋轉，但是無法向前滾動，因此我們研究第三代的扭蛋。

(八) 第四代的扭蛋 (透明及不透明球加馬達加偏心結構)

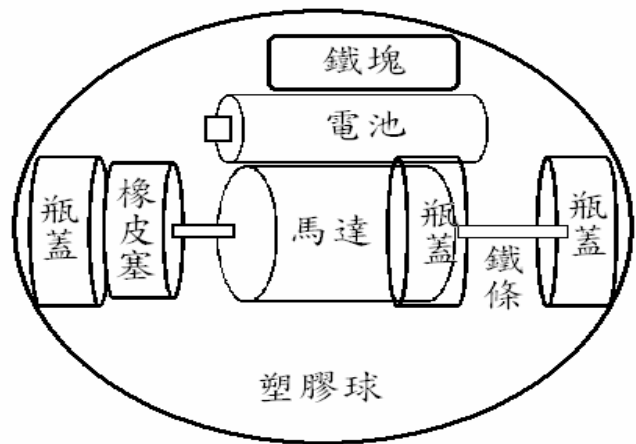
【研究 8】

方法：

1. 我們用直徑 8.5 公分的圓形 (A) 及蛋形 (B) 塑膠球，將馬達、電池組合放入膠管中。
2. 我們用不同重量的鐵塊改變馬達、電池組合的中心重量。
3. 我們以馬達為中心做成重心在旁邊的旋轉機構 (如圖)。
4. 以研究 1，研究 2，研究 3 的方法一的方法測試紀錄，觀察比較研究。



第四代的扭蛋 A



第四代的扭蛋 B

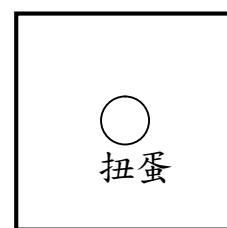
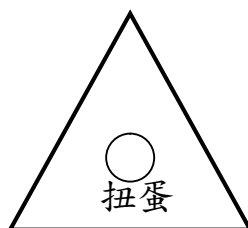
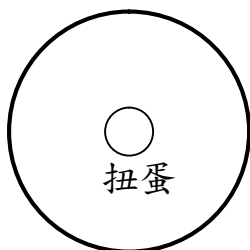
結果：A、B 的第四代扭蛋會自己不斷旋轉滾動，非常奇妙好玩。

(九) 扭蛋的應用 (旋轉滾動路線畫圖與歸納加以應用)

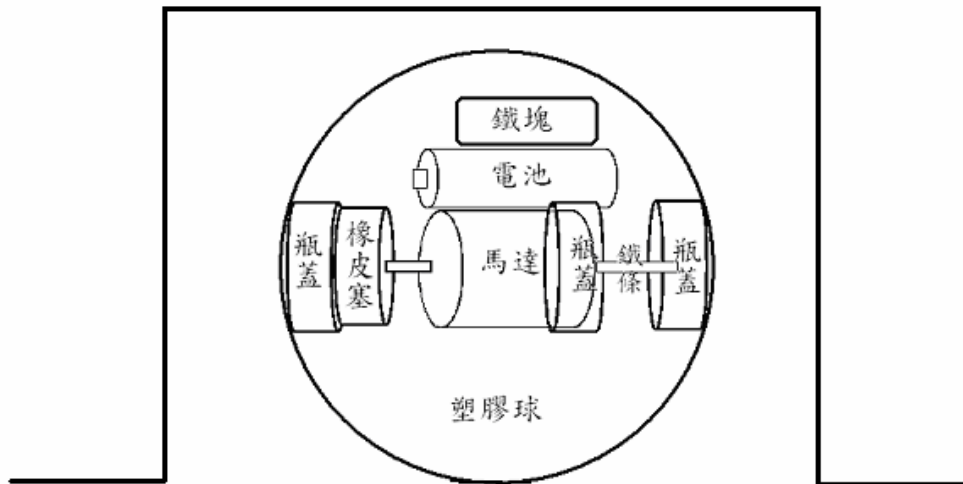
【研究 9】

方法：

1. 我們將第四代扭蛋在圓形、三角形、正方形的固定區域中加以測試。
2. 我們用木條做出圓形、三角形、正方形的固定區域。
3. 我們在第四代扭蛋上覆蓋小盆子加以測試觀察 (如圖)。

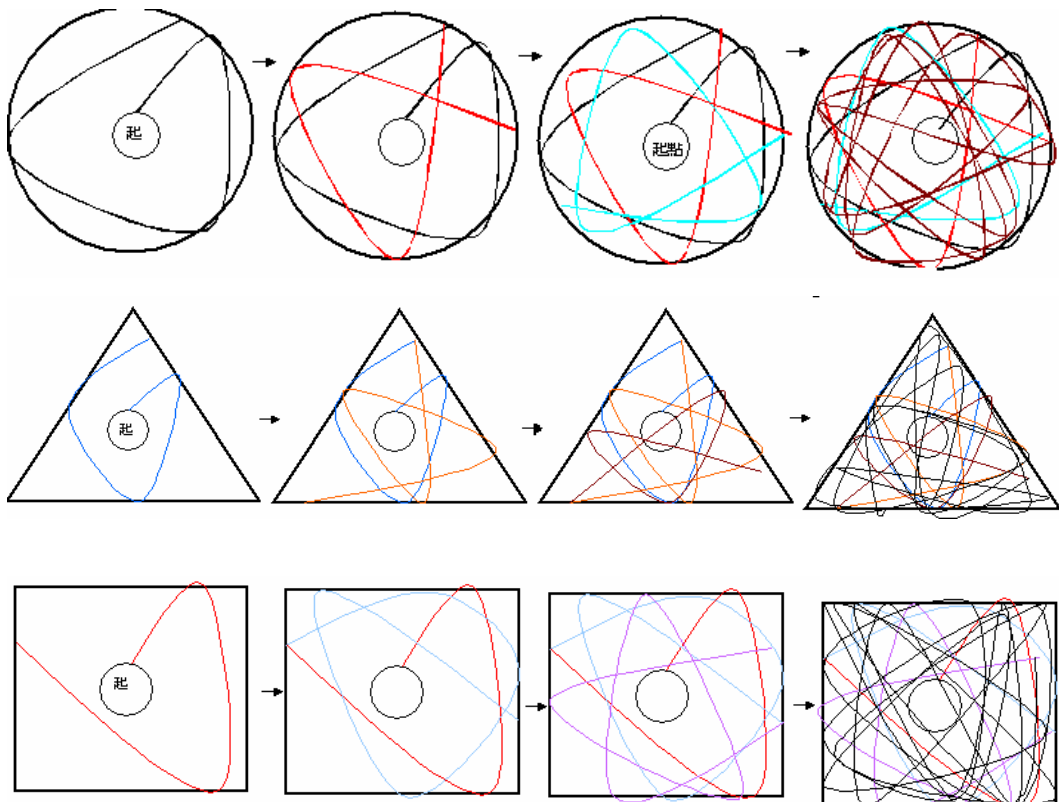


塑膠盆



結果：

1. 第四代扭蛋滾動的時間越久，越能滾完全部區域。
2. 三角形、正方形的固定區域中，受到尖角的影響，無法滾到。
3. 第四代扭蛋可以帶著小臉盆滾動，利用小臉盆可以增加接觸地面的面積。
4. 我們利用第四代扭蛋和小臉盆加上擦地紙，可以做成好玩自動擦地機，成為幫媽媽做家事的好幫手
5. 第四代扭蛋在圓形、三角形、正方形的固定區域中滾動路線圖如下：



* 線條代表滾動的路線

五、討論

- (一) 一般物體會讓重心在中心加以利用，這個研究卻是讓重心不要在中心加以利用。
- (二) 由實驗中我們知道：由同一斜面高度下滑的圓形物體中，實心圓球下滑到斜面底端時速率最大，圓柱次之，而圓環速度最小。這是因為這些物體的幾何形狀不同，使得具有不同的滾動慣性。
- (三) 我們就利用不同的滾動慣性和偏心機構，做出好玩又實用的「扭蛋」。

六、結論

- (一) 「布偶球」以及球中有球時，會彎曲滾動。
- (二) 物體的滾動會受實心和空心的影響。實心的物體滾動較快；空心物體滾動較慢。
- (三) 物體重心的位置改變會影響物體的滾動方式及路線；當物體的重心不在中心時，物體會彎曲的，偏向較重的一方滾動。
- (四) 物體在旋轉時，會產生一股向外的離心力。
- (五) 我們利用彈珠滾動改變圓球重心的原理，做出第一代的扭蛋五種（寶麗龍球加彈珠-分別放 1-5 個彈珠）
- (六) 我們利用鐵罐、橡皮筋加螺帽，做出第二代會滾過去、滾回來的扭蛋。
- (七) 我們利用馬達可以持續轉動的功能，加上竹筷，做出第三代的扭蛋。
- (八) 我們利用改變重心位置會影響物體的滾動方式及路線的原理，加上馬達，做出第四代的扭蛋（透明及不透明球加馬達加偏心結構）
- (九) 我們的扭蛋除了很好玩以外還可以做為自動清理地板的好幫手，真是有趣又實用。

七、參考資料：

- 許鐘榮（1998）。科學真有趣－質量與重量。台北：錦繡。
- 徐承維（2000）。物理科技。台北：小牛津。

評 語

080822 有趣的扭蛋-偏心機構的研究與應用

同學從教材中發現保麗龍球中間挖空，放了一顆小球，放在地上滾，滾動的路線竟是曲線，而啟動重心和力與運動的研究。並從偏心機構的研究中還做成自動清理地板的扭蛋。有趣又有意義，真是佳作。