

中華民國第四十七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

最佳創意獎

080816

翻滾吧!跳豆

學校名稱：臺北縣三重市集美國民小學

作者： 小五 林念臻 小五 黃鈺婷 小五 袁白 小五 蘇庭葳 小五 蔡勝哲 小四 謝士博	指導老師： 曾喬琪 許素芬
--	---------------------

關鍵詞：跳豆 重心 力矩

摘要

哇！沒想到在彈珠外面加上一個紙盒後，運動方式即由滾動變成翻轉，真是神奇，於是我們從斜面材質與跳豆的材質、長寬比例、重量、形狀方面來探究如何使跳豆走得更直、更快以及更有變化。結果發現：斜面及紙盒的材質要有適當的摩擦力才能走得穩又直；紙盒的長寬比會影響運動的速度；重心不在中心的跳豆則使跳豆行進偏向一方；八邊形的跳豆會產生用側面行走或翻轉的現象。將生活中取材容易的珠子與紙張加以設計，也能變化出許多有趣的實驗。

壹、研究動機

上學期期末的自然課，老師教我們做跳豆送給自己當禮物。大家一起比賽的時候，我們發現有人的跳豆走得又直又快，有人的跳豆走得歪歪扭扭，姿態千奇百怪，我們好奇的問老師原因，老師說在三年級的自然課已上過力的作用（南一版），建議大家不妨動手試試看，於是我們便開始這一系列有趣的實驗。

貳、研究目的

- 一、探討斜板材質對跳豆運動方式的影響。
- 二、探討跳豆的材質、長寬比例、珠子對運動方式的影響。
- 三、探討跳豆形狀對運動方式的影響。
- 四、探討跳豆高度對運動方式的影響。

參、研究設備及器材

白板、砂紙、布、黑板、投影片、影印紙、粉彩紙、瓦楞紙、描圖紙、書面紙、雲彩紙、彈珠、木珠、鋼珠、膠帶、尺、量角器、剪刀、碼錶。

肆、研究過程

一、蒐集資料：

上網及到圖書館查詢有關「力」及「跳豆」的相關資料。

二、資料分析：

(一) 跳豆原理

跳豆外殼為紙張包覆，內部放入鋼珠或彈珠，因重心高低變化，使跳豆往前滾動。（羅壽全，2003）

(二) 重心

物體可視為由許多質點構成，物體的重量是這些質點所受重力之和。若取一點，而物體各質點所受重力對此點的力矩總和為零，則此點稱為該物體的重心。假如作用在物體上的作用力沒有通過重心時，那麼這個物體就會開始滾動。（廖瑞銘，1987）。

(三) 力

力的作用型式可以分為接觸力和非接觸力，接觸力如摩擦力；非接觸力如磁力、重力。

(四) 力矩

力臂與力的大小的乘積，稱為力矩。力臂是由力的作用線到旋轉軸的垂直距離（scwang, 2001）。

(五) 滑動、轉動、滾動

(1) 滑動：當合力不為 0，合力矩為 0 時，物體會沿力的方向滑動，不會發生轉動。

(2) 轉動：當合力為 0，合力矩不為 0 時，物體不會沿力的方向運動，但會發生轉動，旋轉的方向是朝著力矩大的一方。

(3) 滾動：當合力不為 0，合力矩不為 0 時，物體會沿力的方向滑動，且會發生轉動。

結論：

- 1.跳豆運動受力矩大小和重心位置影響；
- 2.跳豆所受力矩由摩擦力和重力決定；
- 3.摩擦力的大小受接觸面材質、面積大小和垂直作用力影響。
- 4.重心會因物體的形狀及重量分配影響。

四、研究架構

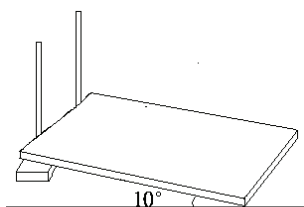
分成二方面：

- (一) 探討跳豆在能走完全程的前提下，依據 1.翻滾狀態最穩定、2.速度最快、3.抵達終點時最接近中心位置的標準下，跳豆運動的最佳化條件為何，所以從和跳豆運動有關的因素--斜面材質、跳豆盒子材質、長寬進行探究。
- (二) 探討如何讓跳豆的運動方式更有變化，所以改變盒內重量、跳豆盒子與斜面接觸面的形狀、盒子的高度等因素進行探究，其中若有變化者則再進一步設計實驗進行討論

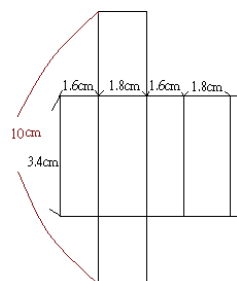
五、實驗設計

摩擦力與垂直作用力有關，不同斜面角度的垂直作用力不同；經測試後發現在板子與桌面成 10° 夾角時，跳豆翻滾狀態最穩定，以下為實驗的步驟：

- (一) 將長 90 公分的白板置於鐵架上，與桌面成 10° 夾角（如圖一）。
- (二) 用不同的紙張及珠子製作跳豆及其它變因操作。
- (三) 在布面上畫 5 cm×5 cm 方格，觀察行進路線。
- (四) 以碼錶紀錄行進時間。



圖一 斜面裝置



圖二 跳豆展開圖

伍、研究結果

實驗一：斜板材質對運動方式的影響

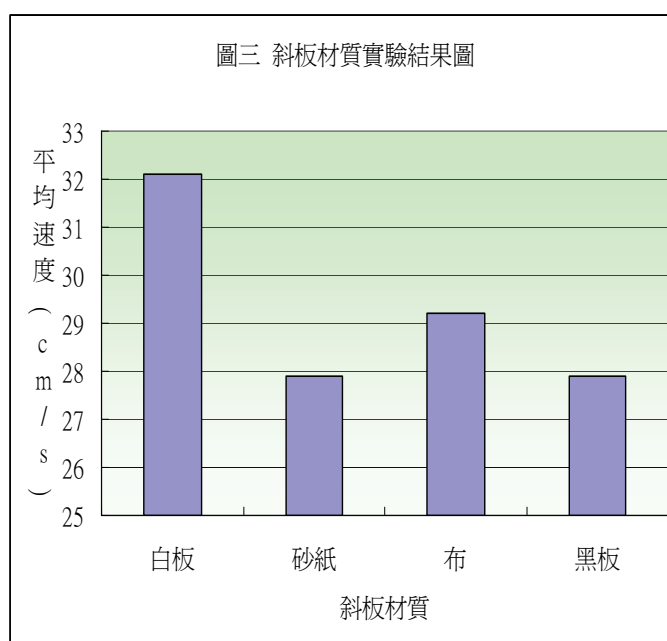
(一) 方法：

1. 將白板、黑板及舖有砂紙及布的四塊板子置於鐵架上。
2. 進行實驗，紀錄時間及終點位置，取十次求平均值。

(二) 結果：

表一 斜板材質實驗結果表

材質	白板	砂紙	布	黑板
平均位置	4.1	1.7	1.1	2.5
平均距離	88.8	86.5	86.4	86.8
平均時間	2'76"	3'09"	2'95"	3'11"
平均速度	32.1	27.9	29.2	27.9



(三) 發現：

1. 平均速度為白板 > 布 > 砂紙 = 黑板。
2. 偏離中心位置為白板 > 黑板 > 砂紙 > 布。
3. 跳豆在白板上行進時常會變成以側面滑動。

(四) 討論：

1. 白板最光滑，所以跳豆有滑動現象，不適合進行實驗。
2. 布面走得最穩、最直，所以選擇以布當作斜面材質。

實驗二:跳豆材質對運動方式的影響

(一) 方法：

1. 依紙的光滑程度及厚度不同分成兩組，製作跳豆。

光滑組： 投影片、影印紙、粉彩紙、瓦楞紙。

厚度組： 描圖紙、影印紙、書面紙、雲彩紙。

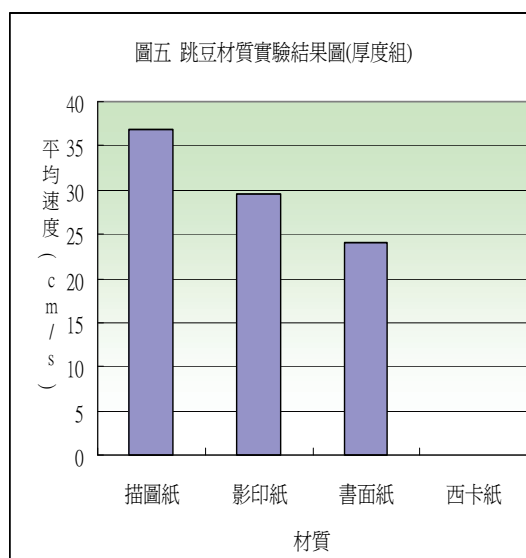
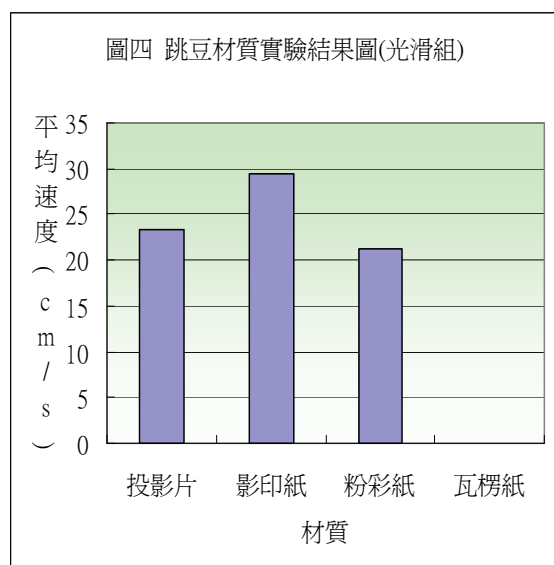
2. 進行實驗，紀錄時間及終點位置，取十次求平均值。

(二) 結果：

表二 跳豆材質實驗結果表

組別	光滑組				厚度組			
種類	投 影 片	影 印 紙	粉 彩 紙	瓦 楞 紙	描 圖 紙	影 印 紙	書 面 紙	西 卡 紙
平均位置	2.7	1.3	4.1	—	1.5	1.3	0.8	×
平均距離	86.9	86.5	88.8	—	86.5	86.5	86.4	×
平均時間	3'70"	2'93"	4'17"	—	2'34"	2'93"	3'58"	×
平均速度	23.4	29.5	21.2	—	36.9	29.5	24.1	×
備註	△2		△7	△10				

註：× 表示不會滾動，△n 表示有 n 次未走完全程



(三) 發現：

1. 光滑組的跳豆平均速度為影印紙 > 投影片 > 粉彩紙 > 瓦楞紙。
2. 厚度組跳豆平均速度為描圖紙 > 影印紙 > 書面紙 > 西卡紙。
3. 粉彩紙和描圖紙做的跳豆在行進中會產生較大的偏折。
4. 投影片做的跳豆有時會有滑動，易使跳豆停止滾動。

(四) 討論：

1. 從光滑組的結果可知摩擦力會影響跳豆的運動方式，適當的摩擦力可使跳豆翻滾；
摩擦力太小則易滑動。
2. 跳豆的翻轉速度受摩擦力影響，接觸面越粗糙，摩擦力越大，速度越慢。
3. 紙的材質越厚，紙張越不易彎曲，平均速度越慢，越不易走完全程。
4. 影印紙材質平均速度較快，且走得直，所以後面實驗皆以影印紙做為跳豆材質。

實驗三：跳豆長度對運動方式的影響

(一) 方法：

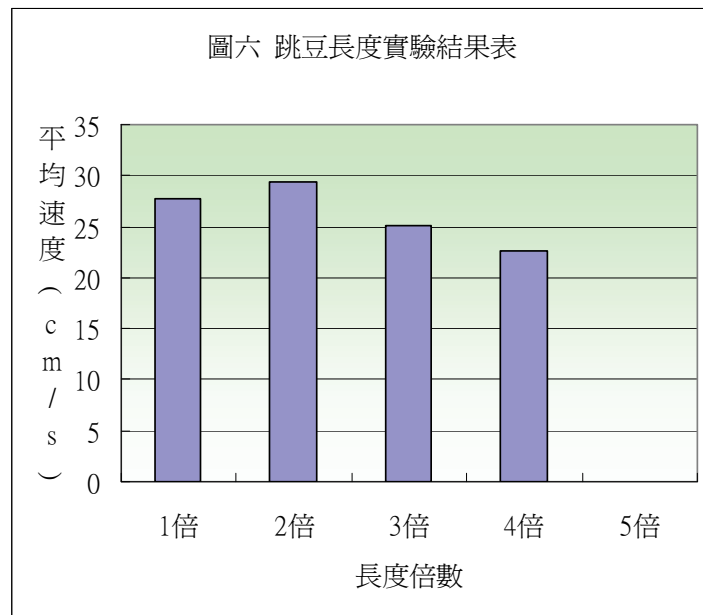
1. 製作盒子長度為珠子直徑長的 1 倍、2 倍、3 倍、4 倍、5 倍的跳豆。
2. 進行實驗，記錄時間及終點位置，取十次求平均值。

(二) 結果：

表三 跳豆長度實驗結果表

盒子長度	1 倍	2 倍	3 倍	4 倍	5 倍
平均位置	0.6	0.5	0.4	0.1	×
平均距離	86.3	86.2	86.2	86.1	×
平均時間	3' 11"	2' 93"	3' 43"	3' 78"	×
平均速度	27.7	29.4	25.1	22.7	×
備註				△4	

註：× 表示不會滾動，△n 表示有 n 次未能走完全程



(三) 發現：

1. 平均速度為 2 倍 > 1 倍 > 3 倍 > 4 倍 > 5 倍。
2. 1 倍的跳豆行走時以 S 型前進。
3. 4 倍長的跳豆如能走完全程，偏離中心的位置最小；3 倍長的跳豆次之。

(四) 討論：

1. 1 倍的跳豆長度約等於珠子直徑，所以運動方式如同彈珠滾動，而與其他跳豆不同。
2. 跳豆長度越長，力臂越長，滾動所需的力矩越大，所以跳豆速度越慢。
3. 跳豆長度達珠子直徑的 5 倍時，珠子無法提供滾動所需的力矩，所以無法滾動。

實驗四：跳豆寬度對運動方式的影響

(一) 方法：

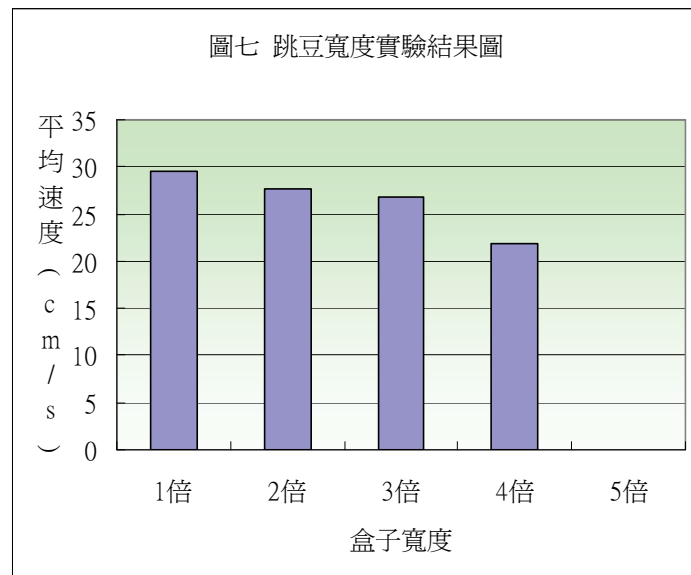
1. 製作盒子寬度為珠子直徑長的 1 倍、2 倍、3 倍、4 倍、5 倍的跳豆。
2. 進行實驗，記錄時間及終點位置，取十次求平均值。

(二) 結果：

表四 跳豆寬度實驗結果表

盒子寬度	1 倍	2 倍	3 倍	4 倍	5 倍
平均位置	0.5	1.0	0.6	1.5	×
平均距離	86.2	86.4	86.3	86.5	×
平均時間	2'93"	3'13"	3'22"	3'94"	×
平均速度	29.4	27.6	26.8	21.9	×
備註				△2	

註: × 表示不會滾動， △n 表示有 n 次未走完全程



(三) 發現：

1. 平均速度為 1 倍 > 2 倍 > 3 倍 > 4 倍 > 5 倍。
2. 跳豆寬度達珠子直徑的 4 倍時偏離中心位置最遠。

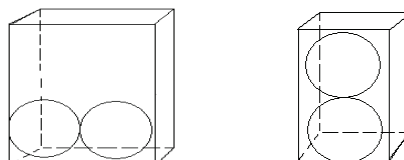
(四) 討論：

1. 跳豆的寬度越寬，接觸面積越大，摩擦力越大，平均速度越慢。
2. 比較實驗三、四，可發現跳豆的運動速度會受力矩的影響。在材質、面積、重量、相同的條件下，實驗三的力矩較實驗四大，不易使跳豆產生翻滾，因此實驗三的速度較慢。

實驗五：盒內放兩顆珠子對運動方式的影響

(一) 方法：

1. 製作盒內放兩顆珠子的跳豆。
2. 兩顆珠子的放置方式：橫放（同一水平面），垂直放（同一垂直面）。



3. 分別放入兩顆珠子，重量比為：1:1、1:2、1:5、1:8。
4. 進行實驗，紀錄時間及終點位置，取十次求平均值。

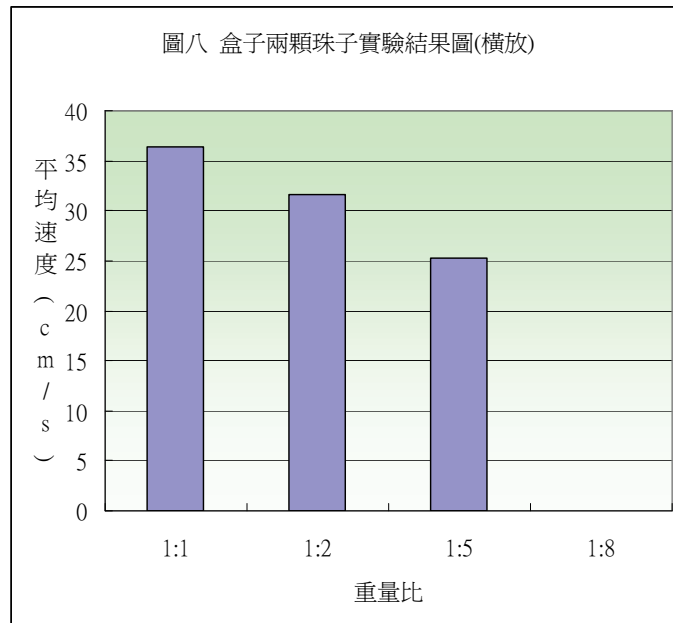
(二) 結果：

表五 盒內兩顆珠子實驗結果表

排列方式	橫 放			
重量比	1:1	1:2	1:5	1:8
平均位置	1.1	1.6	4.2	5.5
平均距離	86.4	86.5	88.8	—
平均時間	2'37"	2'73"	3'50"	3'63"
平均速度	36.4	31.6	25.3	—
備註				△5，☆4

排列方式	垂直放			
重量比	1:1	1:2	1:5	1:8
平均位置	×	×	×	×
平均時間	×	×	×	×
備註				

註：△n 表示有 n 次未走完全程，☆n 表示有 n 次出界，× 表示不會滾動



(三) 發現：

1. 兩顆珠子垂直放的跳豆都不會滾。
2. 平均速度為重量比 $1:1 > 1:2 > 1:5 > 1:8$ 。
3. 跳豆會往重量輕的方向偏折，且偏折角度為重量比 $1:8 > 1:5 > 1:2 > 1:1$ 。
4. 重量比為 $1:2$ 的跳豆行進時盒子會搖晃。
5. 重量比為 $1:8$ 的跳豆走不完全程而停下來時，兩顆珠子幾乎成垂直排列。
6. 重量比為 $1:8$ 的跳豆有時會停頓一下，偏折後再繼續滾。

(四) 討論

1. 兩顆珠子垂直放，可能因重心上移，導致力矩變小，跳豆無法滾動。
2. 因兩顆珠子重量較一顆珠子重，能產生較大向下的力，所以速度較快。
3. 兩顆珠子重量不同時，重量重的珠子速度較快，造成跳豆往重量輕的方向偏折，且重量差距越大，偏折角度越大。
4. 重量比為 $1:2$ 的跳豆，速度相近，幾次滾動後，輕的珠子距離帶子底端近，會比重量的珠子先到達，造成方向改變，所以跳豆會搖晃。
5. 重量比為 $1:8$ 的跳豆，因偏折角度最大，造成兩顆珠子易成垂直排列，所以容易停止滾動。

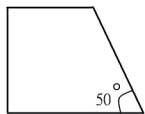
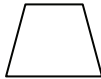




實驗六：跳豆形狀對運動方式的影響

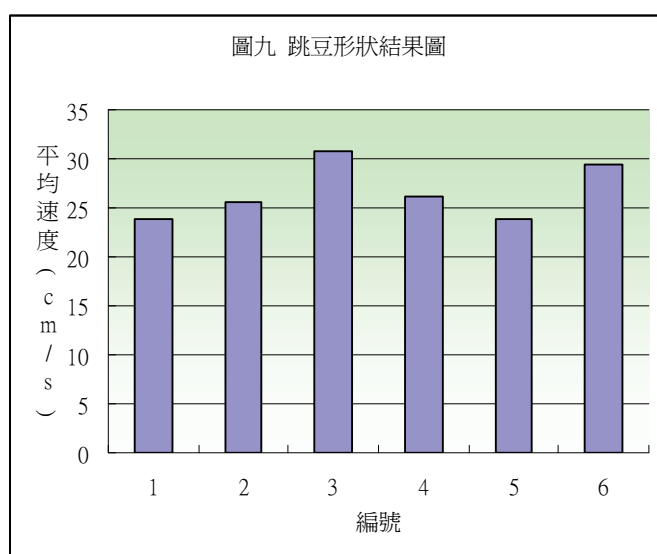
(一) 方法：

1. 製作形狀不同的跳豆。
2. 進行實驗，記錄時間及終點位置，取十次求平均值。




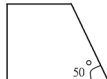


(二) 結果：

表六 跳豆形狀實驗結果表

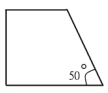
編號	1	2	3	4	5	6
形狀						
平均位置	2.2	0.5	0.4	0.9	0.5	0.5
平均距離	86.7	86.2	86.2	86.4	86.2	86.2
平均時間	3'63"	3'37"	2'80"	3'31"	3'60"	2'93"
平均速度	23.8	25.5	30.7	26.1	23.9	29.4

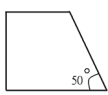



(三) 發現：

1. 跳豆形狀為  走的最直； 和  次之； 偏離中心最遠。
2. 跳豆形狀為  會朝銳角的方向偏移，所花的時間最久。
3. 跳豆形狀為  時，有時會輪流用側面前進。

(四) 討論：

1. 跳豆形狀為  因重心偏向一方，所以行進時往重心方面偏移。

2. 跳豆形狀為  因偏移角度大，所以平均速度慢。

3. 跳豆形狀為  會用側面前進，而其他形狀不會，可能是因為它的內角角度最大，所以在下面實驗將進一步探討。


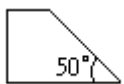
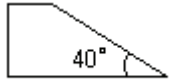
實驗七：直角梯形銳角角度對運動方式的影響

(一) 方法：

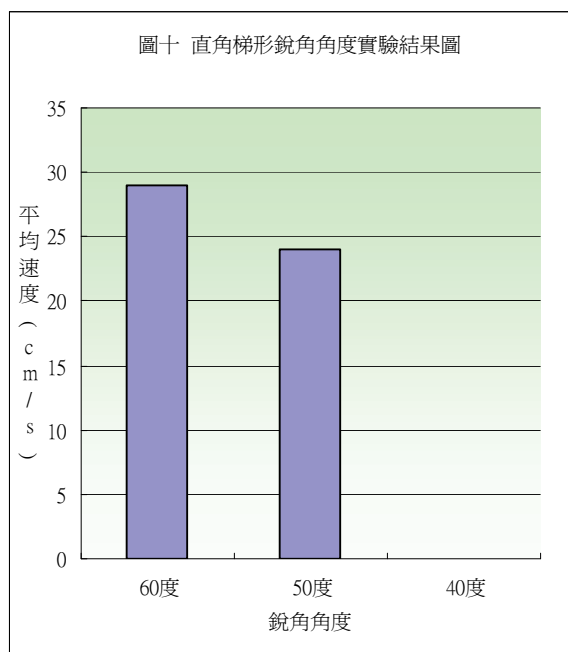
1. 製作直角梯形的跳豆，銳角分別為 30° 、 40° 、 50° 。
2. 進行實驗，紀錄時間及終點位置，取十次求平均值。

(二) 結果：

表七 直角梯形銳角角度實驗結果表

形狀			
平均位置	3.5	5.0	—
平均距離	87.5	89.6	—
平均時間	3'01"	3' 72"	—
平均速度	29.0	24.0	—
備註		☆2	☆10

註：☆n 表示有 n 次出界



(三) 發現：

1. 偏遠中心位置為 $40^\circ > 50^\circ > 60^\circ$ 。
2. 銳角 40° 的直角梯形，約在 $2/3$ 路徑時即出界。
3. 銳角角度越小的直角梯形，平均速度越慢。

(四) 討論：

1. 銳角角度越小的直角梯形，重心會越偏向銳角，所以跳豆偏離中心越遠。
2. 比較實驗五和實驗七，發現當重心偏向一方時，跳豆運動方向也會產生偏折，若為一個整體則會往重心方向偏；若由二個輕重不同的物體所構成，則會往遠離重心的方向偏。

實驗八：八邊形角度對運動方式的影響

(一) 方法:

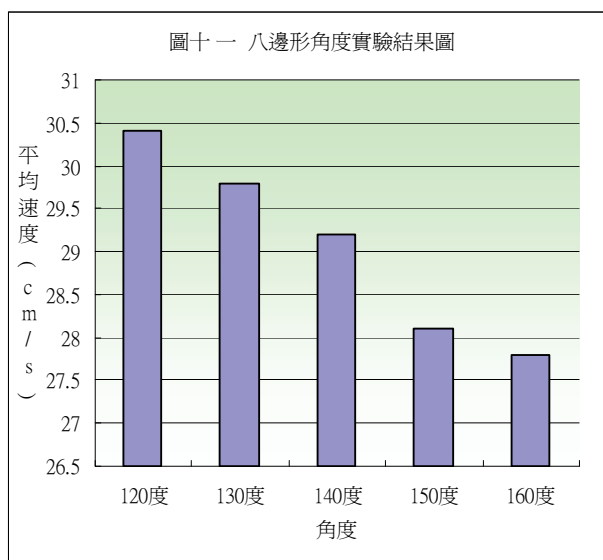
1. 製作八邊形的跳豆（如圖）， $\angle A$ 分別為 120° 、 130° 、 140° 、 150° 、 160° 。
2. 在側面塗上水彩進行實驗，觀察留在斜板上的側面痕跡。
3. 記錄時間及終點位置，取十次求平均值。



(二) 結果:

表八 八邊形角度實驗結果表

角度	120°	130°	140°	150°	160°
平均位置	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5
平均距離	86.2	86.2	86.2	86.2	86.2
平均時間	2' 83"	2' 89"	2' 95"	3' 06"	3' 10"
平均速度	30.4	29.8	29.2	28.1	27.8
用側面次數	0	0	6	7	10



(三) 發現：

1. 平均速度為 $120^\circ > 130^\circ > 140^\circ > 150^\circ > 160^\circ$ 。
2. 140° 、 150° 、 160° 的八角形會用側面前進，且次數為 $160^\circ > 150^\circ > 140^\circ$ ； 120° 和 130° 的八角形則不會用側面前進。
3. 160° 的八角形留下的側面痕跡較大， 150° 的八角形次之， 140° 的八角形只留下點的痕跡。

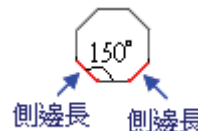
(四) 討論：

1. 角度越接近 180° 使用側面的機率越大；且留下的痕跡越大。
2. 從平均速度來看，可再次證明跳豆寬度越寬，速度越慢。

實驗九：八邊形側邊長對運動方式的影響

(一) 方法：

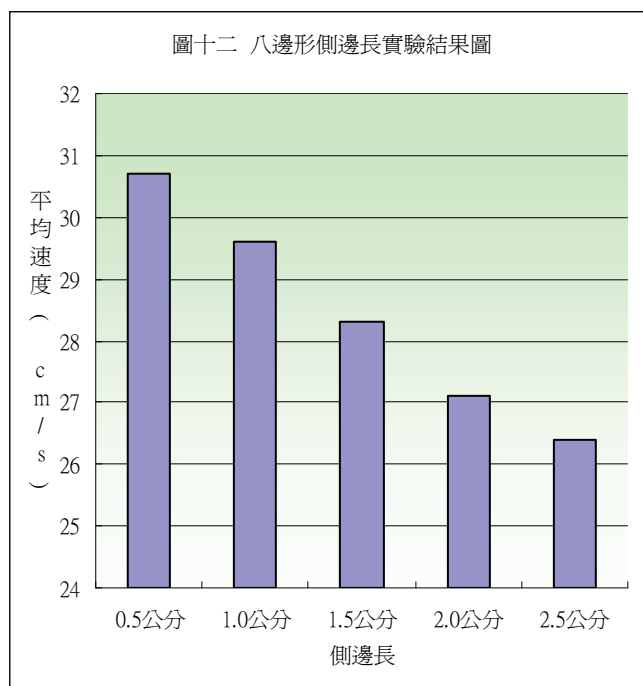
1. 製作八邊形的跳豆(如圖)， $\angle A$ 為 150° ，側邊長分別為 0.5 公分、1 公分、1.5 公分、2 公分、2.5 公分。
2. 在側面塗上水彩進行實驗，觀察留在斜板上的側面痕跡。
3. 記錄時間及終點位置，取十次求平均值。



(二) 結果：

表九 八邊形側邊長實驗結果表

側邊長	0.5 公分	1.0 公分	1.5 公分	2.0 公分	2.5 公分
平均位置	0.7	0.6	0.6	0.4	0.9
平均距離	86.3	86.3	86.3	86.3	86.3
平均時間	2' 81"	2' 91"	3' 04"	3' 17"	3' 27"
平均速度	30.7	29.6	28.3	27.1	26.4
用側面次數	1	2	6	7	9



(三) 發現：

1. 平均速度為側邊長 0.5 公分 > 1.0 公分 > 1.5 公分 > 2.0 公分 > 2.5 公分。
2. 側邊長 2.5 公分 ~ 0.5 公分的八邊形都會用側面前進，且次數為 2.5 公分 > 2.0 公分 > 1.5 公分 > 1.0 公分 > 0.5 公分。
3. 側邊長 2 公分及 2.5 公分的八邊形，前進時偶爾會出現側面翻轉的情況，且次數為 2.5 公分 > 2 公分。

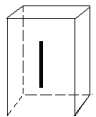
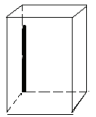
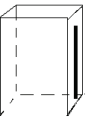
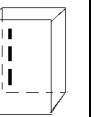
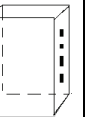
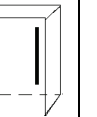
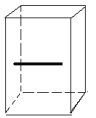
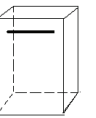
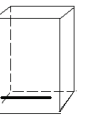
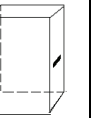
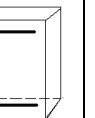
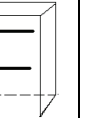
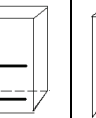

(四) 討論：

1. 在相同角度下，側邊長越長，使用側面的機率越大，且留下的側面痕跡越大。
2. 側邊長大於珠子直徑時，珠子才有機會進入側面並以側面滾動。

實驗十：跳豆高度對運動方式的影響

(一) 方法：

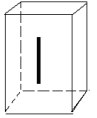
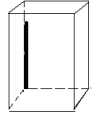
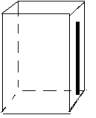
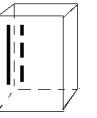
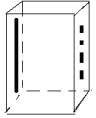
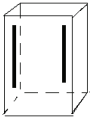
1. 利用盒子外貼吸管的方式改變不同位置的高度，將吸管分為長吸管及短吸管兩組，分別貼於跳豆上，如下表：

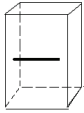
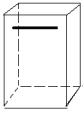
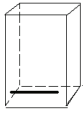
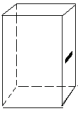
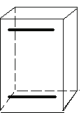
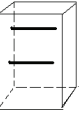
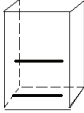

長吸 管組								
短吸 管組								

2. 進行實驗，記錄時間及終點位置，取十次求平均值。

(二) 結果：

表十 跳豆加貼吸管實驗結果表

長吸管組						
編號	長 1	長 2	長 3	長 4	長 5	長 6
吸管位置						
平均時間	-	3' 32"	2' 99"	-	3' 98"	3' 01"
平均位置	-	5.0	1.4	-	0.7	1.4
	△10	△9		△10	△2	

短吸管組								
編號	短 1	短 2	短 3	短 4	短 5	短 6	短 7	短 8
吸管位置								
平均時間	2' 98"	-	3' 09"	2' 72"	-	-	3' 40"	3' 39"
平均位置	1.6	-	1.9	1.0	-	-	2.0	2.48
備註		△10			△10	△10		△1

註：△n 表示有 n 次未走完全程

(三) 發現：

1. 長吸管組平均速度為長 5 > 長 2 > 長 6 > 長 3；短吸管組為短 7 > 短 8 > 短 3 > 短 1 > 短 4。
2. 跳豆倒下即停住的為長 1、短 2、短 5、短 6。
3. 長 2 和長 4 的跳豆會往沒有貼長吸管的方向偏折，偏折角度長 4 > 長 2，且無法走完全程。
4. 長 5 的跳豆會左右扭動，修正方向。

(四) 討論：

1. 吸管貼在跳豆側面不影響運動。
2. 長吸管貼在正面側邊會使跳豆產生高度差，和斜面接觸時，珠子會落到較低一側，使跳豆往該方向偏折。
3. 受吸管側向一邊的影響，長 4 的跳豆滾 1/2 圈偏折一次，長 2 的跳豆滾 1 圈偏折一次，所以長 4 的跳豆偏折角度大。
4. 長 5 的跳豆，二支吸管貼在正面側邊的對角，所以每轉 1/2 圈會修正方向一次。
5. 短吸管組的跳豆倒下時，若吸管在跳豆的前下方，則會使跳豆卡住無法前進。

伍、結論

1. 斜板材質較光滑時，跳豆會有滑動及側滾現象；斜板材質越粗糙，則跳豆滾動速度越慢，在實驗中以布作為斜板材質運動較穩定。
2. 紙張越光滑，跳豆越容易以滑動的方式前進；越厚及越粗糙的紙，跳豆越不易滾動，在實驗中以影印紙作為跳豆材質，運動較為穩定。
3. 當跳豆的長為珠子直徑的 2 倍，寬度約為珠子的直徑時，跳豆的運動最穩定且速度最快，以此定為標準板。
4. 當跳豆的長、寬小於或大於標準板時，跳豆速度會變慢，且長、寬越長，速度就越慢；當跳豆的長、寬增加至珠子直徑的 5 倍時，跳豆就無法滾動。
5. 當跳豆盒內的珠子為兩顆時，珠子排列方式會影響運動方式：兩顆珠子在同一水平面(橫放)，跳豆會滾動；兩顆珠子在同一垂直面(垂直放)，跳豆不會滾動。
6. 兩顆珠子的重量不同時，跳豆會往重量輕的地方偏折，且重量差距越大，偏折角度越大；重量比達 1：8 時，跳豆容易停止滾動。
7. 形狀呈現不對稱時，跳豆會往重心的方向偏折。
8. 跳豆形狀為直角梯形時，重心越偏向銳角，偏折角度越大。
9. 跳豆形狀為八邊形時，角度越大，越容易以側面前進。
10. 跳豆形狀為角度相同的八邊形，側面邊長越長，使用側面的機率越大，且當側面邊長大於珠子直徑時，有時會以側面滾動。
11. 吸管方向平行於跳豆前進方向且吸管側向同一邊時，跳豆會往沒有吸管的一邊偏折，前後兩面側邊都有吸管，偏折角度大於單面側邊有吸管。
12. 吸管方向垂直於跳豆前進方向時，當跳豆站立，若吸管位於跳豆前下方則停止滾動；位於跳豆後下方則可順利滾動。

陸、心得

紙張是生活中隨手可得的材料，而且常是用過即丟，透過資源再利用且易製作的跳豆，讓我們了解物體運動會受摩擦力及重心位置的影響，經過這一系列的實驗，讓我們對力與運動的關係有了更進一步的認識。我們歸納製作特定目標跳豆的規則如下：

一、讓跳豆走得更穩、更直、更快—找出適當的摩擦力大小。

1. 斜板長 90 公分時，角度以 10° 為佳，大於 10° 時，跳豆易滑動，小於 10° 則走不完全程。
2. 斜板及跳豆材質不能過於光滑或粗糙，要有適當的摩擦力才能走得穩。
3. 跳豆的盒長為珠子直徑的 2 倍，寬度為珠子直徑時，跳豆走得最穩、最快。

二、讓跳豆走得更有變化—改變重心位置。

1. 讓跳豆偏向一邊：

- (1) 跳豆為直角梯形：偏向銳角方向，銳角越小，偏折角度越大。
- (2) 製造兩顆珠子的重量差：偏向重量輕的一邊，重量差距越多，偏折角度越大。
- (3) 跳豆加貼吸管：吸管方向平行於跳豆前進方向且吸管側向同一邊時，跳豆會往沒有吸管的一邊偏折，前後兩面側邊都有吸管，偏折角度更大。

2. 讓跳豆用側面行走：

- (1) 跳豆形狀為八邊形且側面角度大於 150° ，角度越大，使用側面的面積越大。
- (2) 跳豆形狀為八邊形且側邊長度大於珠子直徑，可增加以側面翻轉的機率。

3. 讓跳豆左右扭動：

- (1) 兩顆珠子的重量比為 1：2。
- (2) 吸管方向平行於跳豆前進方向且呈對稱。

柒、參考文獻

廖瑞銘（1987）。重心。大不列顛百科全書第4冊（335頁）。台北：丹青圖書有限公司。

Ardley N.（1993）進入科學世界的圖畫書—重力（18-19頁）。台北：上誼文化出版社。

王博正（2003）。重心與平衡。2006年9月10日，取自：

<http://www.karate.com.tw/Tech/WangClass/kihon/CG/CG.htm>

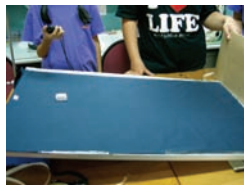
羅壽全（2003年12月13日）。跳豆製作。2006年9月22日，取自：

http://www.greenschool.org.tw/files/7/4104_f_20.pdf

Scwang（2001）。旋轉體。2006年10月02日，取自：

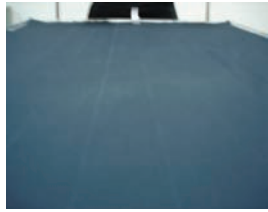
<http://epsport.ccu.edu.tw/bost/bostth/show.asp?repno.=45&page=1>

斜板材質實驗照片

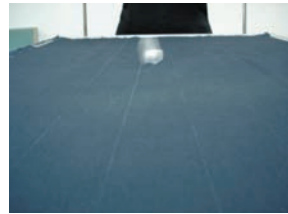


跳豆材質實驗照片

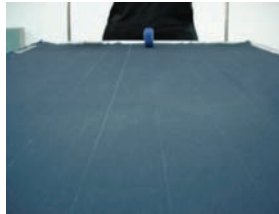
影印紙



描圖紙

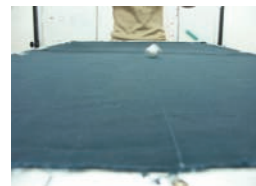


瓦楞紙

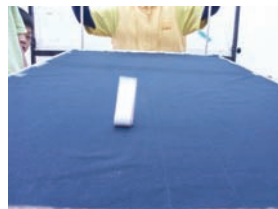


跳豆長度實驗照片

1 倍



3 倍



5 倍



跳豆寬度實驗照片

2 倍



4 倍

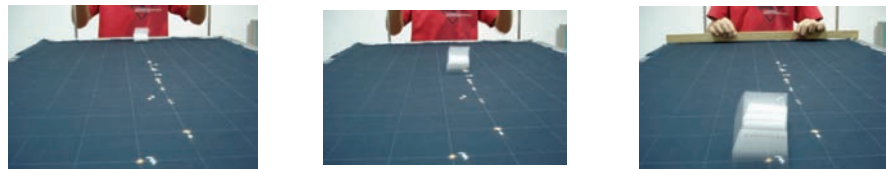


盒內兩顆彈珠實驗照片

1 : 2



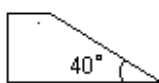
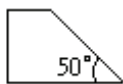
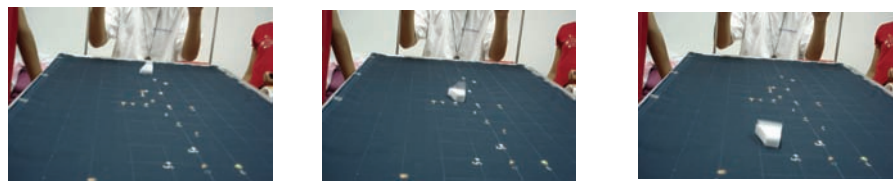
1 : 5



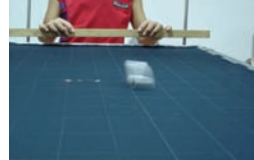
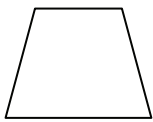
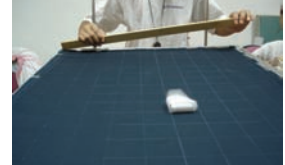
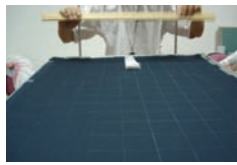
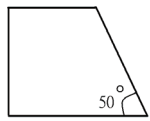
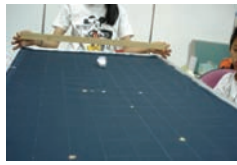
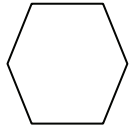
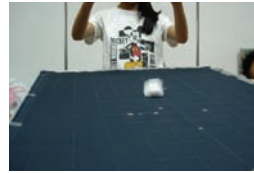
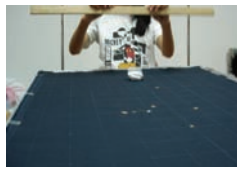
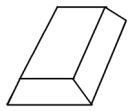
1 : 8



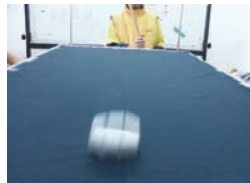
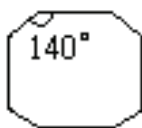
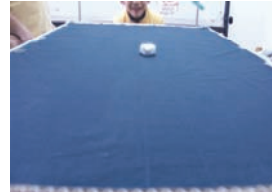
直角梯形銳角角度實驗照片



跳豆形狀實驗照片



八邊形角度實驗照片



八邊形側邊長實驗照片

0.5 cm



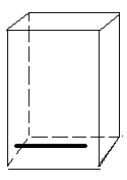
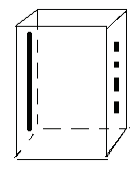
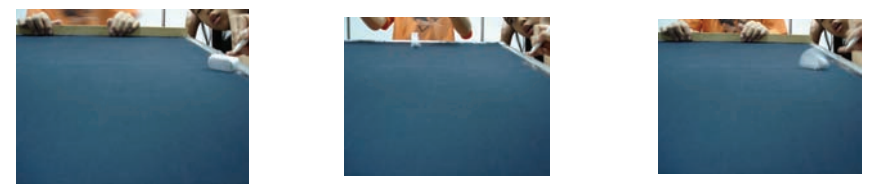
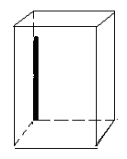
1.5 cm



2.5 cm



跳豆加貼吸管實驗照片



【評語】 080816 翻滾吧!跳豆

本作品利用紙盒內裝彈珠，探究斜面翻滾跳豆的行進方向及速度，透過紙盒材質及形狀設計，充分了解力距及摩擦與運動的關連性。實驗方法富科學性，並能充分分析所觀察的現象以了解運動力學概念，所設計的快速翻滾紙盒也相當有創意。