

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080105

看誰最會跑

學校名稱：桃園市大溪區仁和國民小學

作者：	指導老師：
小六 丁沐恩	李懿融
小六 吳亞恩	韓光榮
小六 徐佳櫻	
小六 藍婉臻	
小六 簡云歆	

關鍵詞：敲擊、震動

摘要

我們發現物體會因為所在位置的震動而產生位移，在大鼓上此現象會表現的更明顯。我們也發現物體移動的距離和方式與落槌位置、物體大小、物體重量與接觸面積有很大的關係。在做完實驗之後我們還發現，落槌位置靠近邊緣時，物體較容易翻轉，物體重量太輕，會使移動狀況不穩定，以及接觸面積太大與太小都對物體移動有負面的影響。同時，我們也看到物體因震動而產生移動時會有以鼓心為圓心移動畫圓的現象。最後我們將研究結果應用於農作物：稻穀、花生的好壞分別上。

壹、研究動機

某天有位同學生氣的拍了桌子，沒想到因為他太大力，桌子上的東西居然從桌邊摔了下來。這不禁讓我們思考：如果把物體放在鼓面上敲擊鼓面，是否物體會移動比較多距離？所以我們就先進行了上面的小實驗。在實驗的過程中，我們又發現居然物體的外型和重量會影響該物體的移動距離。經過了幾次的實驗，我們發現物體移動的距離會受幾個關鍵因素影響，我們一一針對那些關鍵因素進行實驗，最後找出相同打擊下最會移動的物體。同時，我們也將發現的規則運用在稻穀及花生的品質篩選上，希望能將實驗的結果應用在生活中。

貳、研究目的

- 一、找出鼓錘落槌高度和空心立方體移動距離的關係
- 二、探討物體形狀對移動距離的影響
- 三、探討物體重量對移動距離的影響
- 四、找出接觸面積和物體移動距離的關係
- 五、探討實驗發現在稻穀及花生篩選上的應用

參、研究設備及器材工具

實驗用具	大鼓、鼓錘、小方塊、自製垂落架、綁線橡皮擦、綁線小鐵球
觀察物體	自製多面體、平面紙張、波浪狀紙張、球形紙團、稻穀、帶殼花生
輔助用具	相機、相機支架
量測工具	直尺、紀錄紙、電子磅秤、測量長度用線段、簽字筆
相關文具	海報紙、剪刀、膠帶

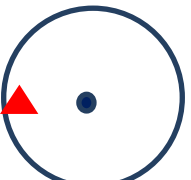
肆、研究過程

【研究一】錘落槌高度及位置和空心立方體移動距離關係研究

- 一、**實驗方式：**變換五種不同空心立方體位置及落槌位置，搭配不同的落槌高度，測量不同的狀況下空心立方體的移動距離。
- 二、**實驗工具：**自製空心立方體(重量為 10g，邊長為 10 公分)、大鼓(鼓面直徑 55 公分)、鼓槌(重量為 110g)、直尺、紀錄紙。
- 三、**實驗結果：**共有五種空心立方體及落槌位置搭配，分別為：
 - A 組=立方體放置於鼓面正中間，在鼓緣處落槌
 - B 組=立方體放置於鼓面正中間，離鼓心有半徑 $1/2$ 處落槌
 - C 組=立方體放置於鼓面正中間，離 10 公分鼓心處落槌
 - D 組=立方體放置於鼓緣，鼓心落槌
 - E 組=立方體放置於鼓緣，對面鼓緣落槌

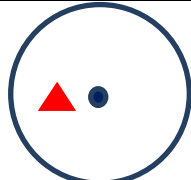
(一)A 組：空心立方體放置於鼓面正中間，在鼓緣處落槌

表 4-1-1：空心立方體放置於鼓面正中間，在鼓緣處落槌

立方體位置 ● 落槌處 ▲	第()次	落槌高度	移動距離	翻面次數
	第一次	30 公分	16 公分	0 次
	第二次	50 公分	17.5 公分	0 次
	第三次	70 公分	19 公分	2 次
	第四次	90 公分	22.7 公分	3 次

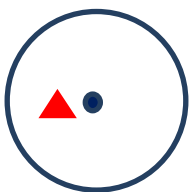
(二)B 組：空心立方體放置於鼓面正中間，在離鼓心有半徑 $1/2$ 處落槌

表 4-1-2：空心立方體放置於鼓面正中間，在鼓緣處落槌

立方體位置 ● 落槌處 ▲	第()次	落槌高度	移動距離	翻面次數
	第一次	30 公分	18.56 公分	1 次
	第二次	50 公分	20.8 公分	2 次
	第三次	70 公分	20.5 公分	6 次
	第四次	90 公分	21.1 公分	1 次

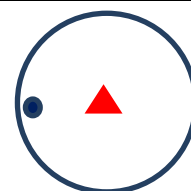
(三) C 組：空心立方體放置於鼓面正中間，在離 10 公分鼓心處落槌

表 4-1-3：空心立方體放置於鼓面正中間，在鼓緣處落槌

立方體位置 落槌處	第()次	落槌高度	移動距離	翻面次數
	第一次	30 公分	14.4 公分	1 次
	第二次	50 公分	21.6 公分	5 次
	第三次	70 公分	22.3 公分	4 次
	第四次	90 公分	20.2 公分	6 次

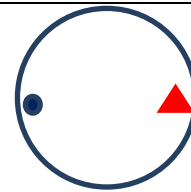
(四) D 組：空心立方體放置於鼓緣，在鼓心落槌

表 4-1-4：空心立方體放置於鼓面正中間，在鼓緣處落槌

立方體位置 落槌處	第()次	落槌高度	移動距離	翻面次數
	第一次	30 公分	3.7 公分	0 次
	第二次	50 公分	6.8 公分	1 次
	第三次	70 公分	7.1 公分	0 次
	第四次	90 公分	10.2 公分	1 次

(五) E 組：空心立方體放置於鼓緣，在對面鼓緣落槌

表 4-1-5：空心立方體放置於鼓面正中間，在鼓緣處落槌

立方體位置 落槌處	第()次	落槌高度	移動距離	翻面次數
	第一次	30 公分	0.5 公分	0 次
	第二次	50 公分	0.7 公分	2 次
	第三次	70 公分	0.3 公分	0 次
	第四次	90 公分	11.4 公分	6 次

四、實驗發現：

(一)落槌位置和立方體移動距離關係

1. 整理落槌位置和立方體移動距離關係如下表(以 50 公分落槌為例)

表 4-1-6：落槌位置和立方體移動距離關係表

立方體位置	落槌位置	移動距離	翻面次數
鼓面正中間	鼓緣	17.5 公分	0 次
鼓面正中間	離鼓心半徑 1/2	20.8 公分	2 次
鼓面正中間	離 10 公分鼓心	21.6 公分	5 次
鼓緣	鼓心	6.8 公分	1 次
鼓緣	對面鼓緣	0.7 公分	2 次

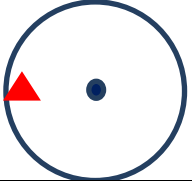
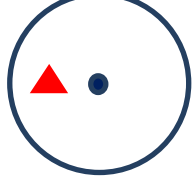
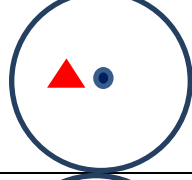
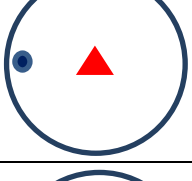
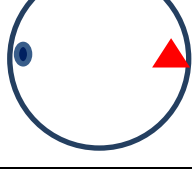
2.【發現】從上表我們可以看到：

- (1)立方體和落槌位置越遠，立方體移動的距離越短。
- (2)當落槌位置和立方體都很接近鼓心時，會有最遠的移動位置。
- (3)落槌位置在鼓緣時立方體較不會翻動。

(二)不同組合之立方體放置位置及落槌處其移動距離比較表與長條圖比較(以 50 公分為例)

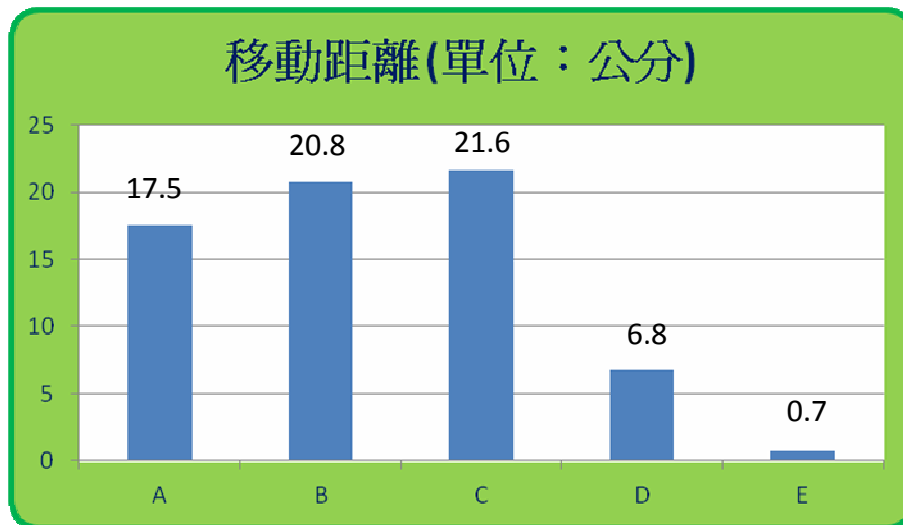
1. 不同組合之立方體放置位置及落槌處移動距離比較表(以 50 公分為例)

表 4-1-7：不同組合之立方體放置位置及落槌處移動距離比較表

組別	立方體放置位置 落槌處	位置標記 立方體位置 ● 落槌處 ▲	移動距離
A	立方體：鼓面正中間 落槌：鼓緣		17.5 公分
B	立方體：鼓面正中間 落槌：離鼓心半徑 1/2 處		20.8 公分
C	立方體：鼓面正中間 落槌：離鼓心 10 公分處		21.6 公分
D	立方體放置於鼓緣 落槌：鼓心		6.8 公分
E	立方體：鼓緣 落槌：對面鼓緣		0.7 公分

2. 不同組合之立方體放置位置及落槌處移動距離比較長條圖(以 50 公分為例)

圖 4-1-1：不同組合之立方體放置位置及落槌處移動距離比較長條圖



3. 【發現】從上表及上圖我們可以看到：

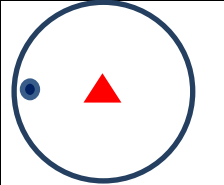
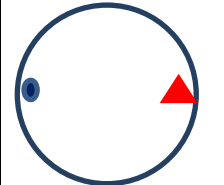
- (1)在 C 組時移動距離最遠
- (2)前三項(A 組、B 組及 C 組)和後二項(D 組及 E 組)差距很大，我們推測是因為立方體位置的關係(D 組及 E 組皆放置在鼓緣上)

(二)落槌高度和移動位置的倍數關係

1. 落槌位置和立方體移動距離比值表(比較 90 公分和 30 公分落槌)

表 4-1-8：落槌位置和立方體移動距離比值表

立方體放置位置 落槌處	位置標記 立方體位置 ● 落槌處 ▲	30 公分落 槌時的移 動距離	90 公分落 槌時的移 動距離	90 公分和 30 公分 的移動距離比值
立方體：鼓面正中間 落槌：鼓緣		16 公分	22.7 公分	1.4
立方體：鼓面正中間 落槌：離鼓心半徑 1/2 處		18.56 公分	21.1 公分	1.1
立方體：鼓面正中間 落槌：離 10 公分鼓心 處		14.4 公分	20.2 公分	1.4

立方體放置於鼓緣 落槌：鼓心		3.7 公分	10.2 公分	2.7
立方體：鼓緣 落槌：對面鼓緣		0.5 公分	11.4 公分	22.8

2. 【發現】從上表我們可以看到：

- (1)立方體放置於鼓面正中間時，立方體的移動方式最穩定，不管落槌處在哪裡，移動距離變動並不大。
- (2)若立方體放置於鼓面正中間時，我們可以知道落槌高度變為 3 倍，距離變為約 1.4 倍。
- (3)立方體放置於鼓緣，且在對面鼓緣落槌產生的移動最不穩定，落槌高度改變影響立方體的移動距離也很大。

【研究二】物體形狀對移動距離的關係實驗

一、**實驗方式**：物體放置於鼓面正中間，讓鼓槌以自由落體方式，從高度 50 公分處墜落敲打鼓面，希望藉由實驗了解物體形狀對「物體總移動距離」及「和起始點距離」的影響。

【定義】物體總移動距離=從開始移動到移動結束的移動全部距離
和起始點距離=移動結束時所在位置和起點的直線距離

二、**實驗工具**：平面紙張、自製五面空心立方體(去掉立方體其中一面，只剩下五面)、球形紙團、大鼓(鼓面直徑 55 公分)、鼓槌(重量為 110g)、直尺、紀錄紙。

三、實驗結果：

(一)物體形狀：平面紙張

表 4-2-1：平面紙張的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	0.2 公分	0.2 公分	
第二次	0.8 公分	0.8 公分	
第三次	1.6 公分	1.6 公分	
第四次	0.1 公分	0.1 公分	

(二) 物體形狀：空心立方體(五面)

表 4-2-2：空心立方體(五面)的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	4.9 公分	2.2 公分	
第二次	4 公分	0.5 公分	
第三次	19.3 公分	17.2 公分	
第四次	17.8 公分	14.9 公分	

(三) 物體形狀：波浪狀紙張

表 4-2-3：波浪狀紙張的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	4 公分	1.2 公分	
第二次	2.6 公分	0.5 公分	
第三次	18.5 公分	16 公分	
第四次	5.3 公分	2 公分	

(三) 物體形狀：球型紙團

表 4-2-4：球型紙團的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	12.3 公分	10.4 公分	
第二次	22.7 公分	20.4 公分	
第三次	19 公分	17 公分	
第四次	15.8 公分	13.5 公分	

四、實驗發現：

- (一)接觸面積越大，物體移動距離越少。但實驗四(球型紙團)中我們也發現如果接觸面積太小，引起物體移動不穩定，也會造成移動距離太短。
- (二)空心立方體(五面)移動最穩定，雖然有以鼓心為圓心繞圓的跡象，但並不明顯。我們推測它移動最穩定的原因是因為它是空心的，可能可以看鼓的震動共鳴。
- (三)球狀紙團因為會滾的原因，有些時候比空心立方體(五面)移動距離還遠，但如果扣掉它自行滾動的範圍，因為受震動而移動的距離其實不多。

【研究三】物體重量對移動方式及距離的影響

一、實驗方式：在空心立方體中放置 5g~25g 的小方塊置於鼓心，鼓槌以自由落體方式，從高度 50 公分處墜落敲擊同一處鼓面，觀察不同重量對物體移動方式及距離的影響。

二、實驗工具：自製空心立方體、大鼓、鼓槌、小方塊、直尺、紀錄紙。

三、實驗結果：

(一)立方體中放入 5g 小方塊

表 4-3-1：立方體放入 5g 物體的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	2 公分	1 公分	
第二次	6.7 公分	5.7 公分	
第三次	6 公分	3.5 公分	
第四次	6.5 公分	5.5 公分	

(二)立方體中放入 10g 小方塊

表 4-3-2：立方體放入 10g 物體的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	2.9 公分	0.6 公分	
第二次	8.7 公分	6.4 公分	
第三次	10.7 公分	9.4 公分	
第四次	12 公分	11.9 公分	

(三)立方體中放入 15g 小方塊

表 4-3-3：立方體放入 15g 物體的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	3 公分	0.2 公分	
第二次	4.6 公分	1.5 公分	
第三次	7.4 公分	4.5 公分	
第四次	7 公分	5 公分	

(四)立方體中放入 20g 小方塊

表 4-3-4：立方體放入 20g 物體的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	2.8 公分	0.1 公分	
第二次	3.5 公分	0.3 公分	
第三次	7.3 公分	4 公分	
第四次	10.4 公分	8.9 公分	

(五)立方體中放入 25g 小方塊

表 4-3-5：立方體放入 25g 物體的移動距離及移動軌跡紀錄

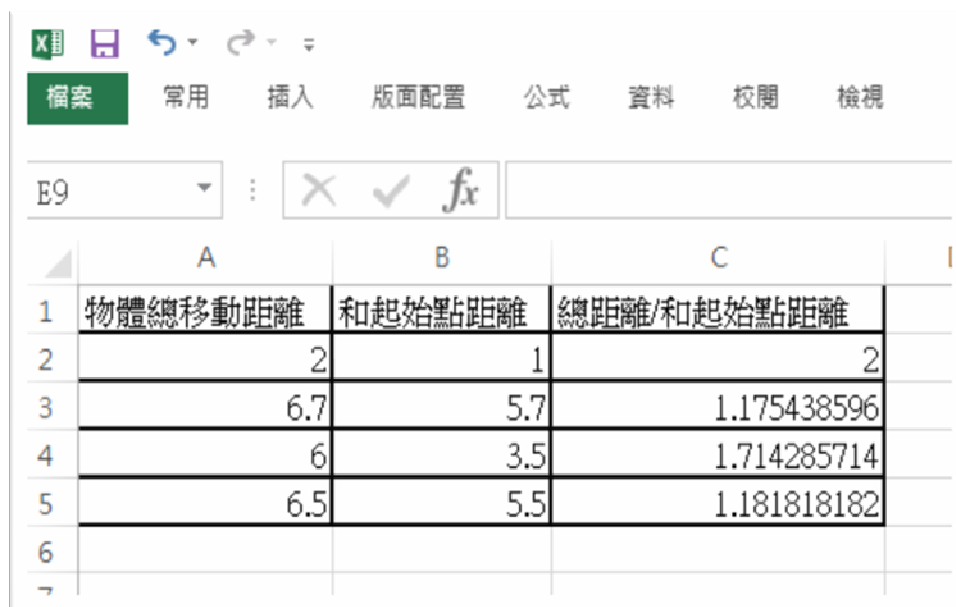
第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	0.7 公分	0.1 公分	
第二次	3 公分	0.5 公分	
第三次	4 公分	1.5 公分	
第四次	6.3 公分	3.7 公分	

四、實驗發現：

(一) 從倍數平均值可以看到重量越少越穩定，越不會繞圈圈。

1.使用 excel 計算

圖 4-3-1：使用 excel 計算比值範例圖



	A	B	C
1	物體總移動距離	和起始點距離	總距離/和起始點距離
2	2	1	2
3	6.7	5.7	1.175438596
4	6	3.5	1.714285714
5	6.5	5.5	1.181818182
6			
7			

2. 立方體重量與「平均總距離與和起始點平均距離的比值」及「倍數平均值」關係表(四捨五入到小數點後第二位)

表 4-3-6：立方體重量與「平均總距離與和起始點平均距離的比值」及「倍數平均值」關係表

立方體重量 (單位：公克)	總距離平均 (單位：公分)	和起始點平均距離 (單位：公分)	平均總距離/和起 始點平均距離 (比值)	倍數平均值
5	5.3	3.93	1.35	1.52
10	8.58	7.08	1.21	2.08
15	5.5	2.8	1.96	5.28
20	6	3.33	1.8	10.67
25	3.5	1.45	2.41	4.34

3. 【發現】從上表我們可以看到：在負重 10g 的時候移動距離會最遠，在負重 20g 的時候移動路徑最容易產生繞圈圈或曲線。

【研究四】接觸面積和物體移動距離的關係

一、實驗方式：將不同的長方體(與鼓面有不同大小的接觸面積)分別置於鼓心，鼓槌以自由落體方式，從高度 50 公分處墜落敲擊同一處鼓面，觀察不同接觸面積對物體移動方式及距離的影響。

二、實驗工具：自製空心長方體 5 個、大鼓、鼓槌、小方塊、直尺、紀錄紙。

三、實驗結果：

(一)接觸面積 10 平方公分：將一面面積為 10 立方公分的立方體放至於鼓面上，並讓鼓槌自由落體墜落。

表 4-4-1：接觸面積 10 平方公分立方體的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	2.5 公分	1.5 公分	
第二次	5 公分	2 公分	
第三次	2 公分	0.5 公分	
第四次	0.5 公分	0.3 公分	

(二)接觸面積 20 平方公分：將一面面積為 20 立方公分的立方體放至於鼓面上，並讓鼓槌自由落體墜落。

表 4-4-2：接觸面積 20 平方公分立方體的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	0.2 公分	0.1 公分	
第二次	0.3 公分	0.2 公分	
第三次	0.7 公分	0.5 公分	
第四次	1.7 公分	0.2 公分	

(三)接觸面積 30 平方公分：將一面面積為 30 立方公分的立方體放至於鼓面上，並讓鼓槌自由落體墜落。

表 4-4-3：接觸面積 30 平方公分立方體的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	1.8 公分	3 公分	
第二次	1.7 公分	0.5 公分	
第三次	2 公分	0.5 公分	
第四次	3.3 公分	0.5 公分	

(四)接觸面積 40 平方公分：將一面面積為 40 立方公分的立方體放至於鼓面上，並讓鼓槌自由落體墜落。

表 4-4-4：接觸面積 40 平方公分立方體的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	3 公分	0.3 公分	
第二次	3 公分	0.2 公分	
第三次	1.7 公分	0.3 公分	
第四次	1.8 公分	0.4 公分	

(五)接觸面積 50 平方公分：將一面面積為 50 立方公分的立方體放至於鼓面上，並讓鼓槌自由落體墜落。

表 4-4-5：接觸面積 50 平方公分立方體的移動距離及移動軌跡紀錄

第()次	物體總移動距離	和起始點距離	移動軌跡
第一次	3.8 公分	1.3 公分	
第二次	3 公分	1.5 公分	
第三次	2 公分	0.7 公分	
第四次	3 公分	1 公分	

四、實驗發現：

(一)和鼓面接觸面積太小會造成無法震動和移動方式不穩定，因而移動距離較少

(二)不管接觸面積多少，只要是因為鼓面震動而移動的物體，多多少少都會有以鼓心為圓心移動的現象

【研究五】應用研究一：稻穀品質好與壞的移動方式

在前面的四個實驗中，我們可知物體移動的距離和方式與落槌位置、物體大小與物體重量有很大的關係。我們將發現結果應用於農作物的品質篩選上。

從前面的四個實驗中，我們發現到：

- (1) 立方體和落槌位置越遠，立方體移動的距離越短。
- (2) 當落槌位置和立方體都很接近鼓心時，會有最遠的移動位置。
- (3) 落槌位置在鼓緣時物體較不會翻動。
- (4) 立方體放置於鼓緣，且在對面鼓緣落槌產生的移動最不穩定，落槌高度改變影響立方體的移動距離也很大。
- (5) 從倍數平均值可以看到重量越少越穩定，越不會繞圈圈。

一、實驗方式：將稻穀置於離鼓心 15 公分處，敲擊鼓面(分為使用小鼓槌敲擊及橡皮擦自由落體墜落兩種方式，觀察不同品質稻穀的移動方式及移動距離。

(一)稻穀位置：離鼓心 15 公分處

(二)敲擊位置：圓心

(三)敲擊次數：30 下

二、實驗工具：大鼓、小鼓槌、測距離毛線、稻穀(品質好與品質差數個)、自製垂落架、綁線橡皮擦。

【定義】品質好稻穀：飽滿的稻穀
品質差稻穀：不紮實或空心的稻穀

三、實驗結果：

(一) 使用小鼓槌敲擊鼓面(固定力道)

表 4-5-1：使用小鼓槌敲擊鼓面時，品質好及品質差的稻穀移動狀況

稻穀數量	移動狀況	
	品質好	品質差
2 顆(1 顆好，1 顆壞)	一直順時針旋轉	較不會旋轉
4 顆(2 顆好，2 顆壞)	集中移動	散落移動並繞圈
6 顆(3 顆好，3 顆壞)	集中移動	散落移動並繞圈
8 顆(4 顆好，4 顆壞)	集中移動	散落移動並繞圈

(二)、使用自製垂落架，讓橡皮擦以自由落體方式掉落鼓面。稻穀數量共 4 顆，2 顆品質好及 2 顆品質差

表 4-5-1：橡皮擦以自由落體方式掉落鼓面時品質好及品質差的稻穀移動狀況

	與起始點的距離 (單位:公分)				移動距離 (單位:公分)			
	好 1	好 2	壞 1	壞 2	好 1	好 2	壞 1	壞 2
第一次	4.8	1.5	3.9	3.4	4.9	2.9	6.3	5.5
第六次	4.1	1.2	5.5	3.2	3.9	1.6	5.5	3.8
第十一次	6.4	6.4	6.5	3.8	7.1	7.4	7.2	4.4
第十六次	7.9	9	6.9	3.8	2.3	1.8	6.4	2.1
第二十一次	3	13.2	4.2	8.7	2.1	4.1	4.6	6
第二十六次	7.8	12.5	2.3	10.3	4.1	5	3.1	1.1
第三十次	7.4	10.6	1.2	7.5	1.2	2.2	3.5	4.5

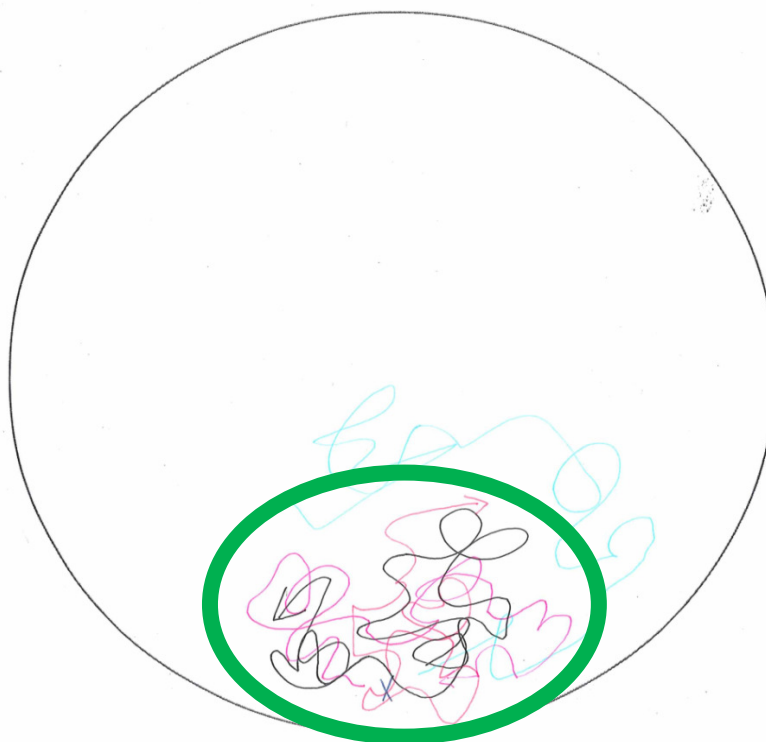
1. 將每顆稻穀的移動距離及與起始點的距離相除，算出比值並取平均數得到下表：

表 4-5-2：品質好及品質差的稻穀移動距離及與起始點距離的比值(使用橡皮擦以自由落體方式掉落來敲擊鼓面)

稻穀	好 1	好 2	壞 1	壞 2
比值	1.61	2.14	0.87	2.49

2. 將每顆稻穀的移動軌跡畫成下列軌跡圖

圖 4-5-1：橡皮擦以自由落體方式掉落鼓面時每顆稻穀的移動軌跡



【軌跡圖說明】

紅色及紫色皆為品質較好的稻穀：其移動範圍較集中

黑色及藍色皆為品質較差的稻穀：黑色移動範圍集中，但藍色於後段移動區域擴大

四、實驗發現：

- (一)品質好與品質差的稻穀其移動方式不同。
- (二)鼓面震動時，品質好的稻穀較品質差的米易旋轉。
- (三)品質好的稻穀移動範圍較品質差的稻穀小。推測是因品質好的稻穀較飽滿，接觸面積較小，因此移動範圍較穩定，且繞圓現象更加明顯。
- (四)品質好的稻穀其移動距離及與起始點的比值介於 1.61~2.14 之間，而品質差的稻穀其移動距離及與起始點的比值 >2.49 或 <0.87 。

五、實驗調整：

雖然我們算出品質好與品質差的稻穀的比值區間，但結果沒預期中明顯，推測其原因就如同實驗三與四的研究結果，物體的重量太輕或與鼓面的接觸面積太小時，物體的移動狀況會不穩定。因此我們接著選擇相較於稻穀，重量較重、體積較大的帶殼的花生來進行實驗。

【研究六】應用研究二：帶殼花生品質好壞的移動方式

一、實驗方式：將稻穀置於離鼓心 5~10 公分處，敲擊鼓面(分為使用小鼓槌敲擊及小鐵塊自由落體墜落兩種方式，觀察不同品質帶殼花生的移動方式及移動距離。

(一)花生位置：離鼓心 5~10 公分處

(二)敲擊位置：圓心

(三)敲擊次數：20~30 下

二、實驗工具：大鼓、小鼓槌、測距離毛線、帶殼花生(品質好與品質差數個)、自製垂落架、綁線小鐵塊

【定義】品質好帶殼花生：殼內為飽滿的花生
品質差帶殼花生：空心的花生殼

三、實驗結果：

(一) 使用小鼓槌敲擊鼓面(固定力道)

1. 【第一次實驗】：每敲擊一次，量一次移動距離

表 4-6-1：使用小鼓槌敲擊鼓面時，品質好及品質差的帶殼花生移動距離紀錄表
(敲擊一次測量)(單位：公分)

	第 1~5 次 (平均距離) (單位:公分)	第 6~10 次 (平均距離) (單位:公分)	第 11~15 (平均距離) (單位:公分)	第 16~20 次 (平均距離) (單位:公分)	第 21~25 次 (平均距離) (單位:公分)	第 25~27 次 (平均距離) (單位:公分)
壞 1	1.64	1.1	1	1	1.5	0.3 第 27 次至鼓 緣
壞 2	1.9	1.2	1 第 15 次至鼓 緣			
壞 3	1.7	1	1.7 第 13 次至鼓 緣			
壞 4	1.64	1.2	1	1.2	1	0.55 第 28 次至鼓 緣
壞 5	1.7	1.8 第 8 次至鼓 緣				
好 1	1.84	2	1.2	1.4	0.7	0.4
好 2	2.34	1.6	1.5	1.3	0.9	0.75
好 3	2.08	2.5	1.4	1.5	1.1	0.65
好 4	2.68	1.8	0.9	1.3	0.9	1.1
好 5	3.72	1.9	1.8	1.3	0.7	0.95

2. 第一次實驗的【發現】

- (1)品質差的花生皆有往鼓緣移動的趨勢。
- (2)在敲擊第 28 次時，所有的品質差的花生都在鼓緣上。

3. 【第二~第十次實驗】：每敲擊五次，量一次移動距離

表 4-6-2：使用小鼓槌敲擊鼓面時，品質好及品質差的帶殼花生移動距離紀錄表
(敲擊五次測量)(單位：公分)

	第一次實驗		第二次實驗		第三次實驗		第四次實驗		第五次實驗		第六次實驗		第七次實驗		每次敲擊平均移動距離	平均
	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離		
壞 1	1.8	2.8	2.6	3.2	5.2	4.6	2.7	3.8	2.5	7.1	2.3	2.1	8.4	5.0	3.6	4
壞 2	1.8		5.4		2.1		1.6		25.2		1.3		3.4		5.8	
壞 3	1.3		4.2		1.6		2.0		2.3		3.9		5.0		2.9	
壞 4	4.8		1.8		8.4		8.4		2.4		2.2		4.8		4.7	
壞 5	4.4		2.1		5.6		4.5		2.8		0.9		3.2		3.4	
好 1	0.7	1.4	1.0	1.5	1.0	1.4	1.1	1.6	0.6	1.5	1.0	1.5	1.2	1.8	0.9	1.5
好 2	0.6		0.6		1.2		1.2		1.3		0.8		1.2		1.0	
好 3	1.9		1.8		2.2		2.8		2.5		2.4		2.7		2.3	
好 4	1.8		2.1		1.7		1.5		1.3		1.6		1.5		1.6	
好 5	2.2		1.9		1.1		1.2		2.0		1.7		2.5		1.8	

4.比較敲擊前與敲擊 30 次後的帶殼花生分布

圖 4-6-1：敲擊前的帶殼花生分布圖



圖 4-6-2：敲擊後的帶殼花生分布圖



5.【發現】：

- (1)品質差的花生皆會落在鼓緣上
- (2)第一次敲擊時，彈跳得最遠的一定是品質差的花生
- (3)彈跳高度高於 2 公分的，多為品質差的花生。
- (4)品質好的花生平均每次移動距離為 1 點多公分
- (5)品質差的花生平均移動距離皆比好的花生大

(二) 使用垂落架，讓小鐵塊(15 公克)以自由落體方式，從離鼓面 30 公分高度落下

圖 4-6-3：綁線小鐵塊

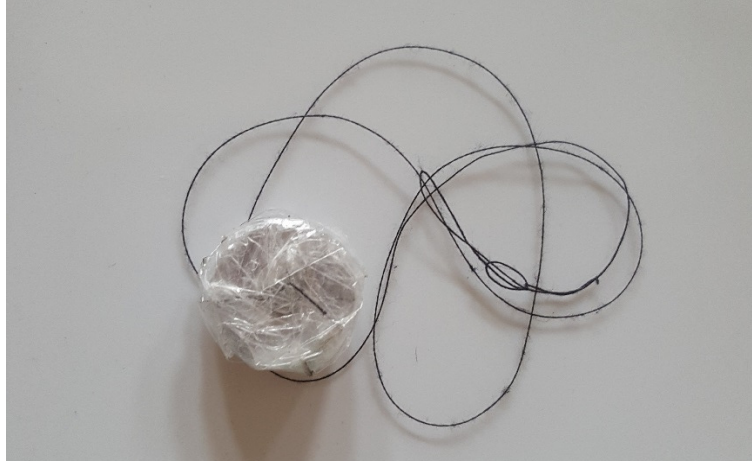
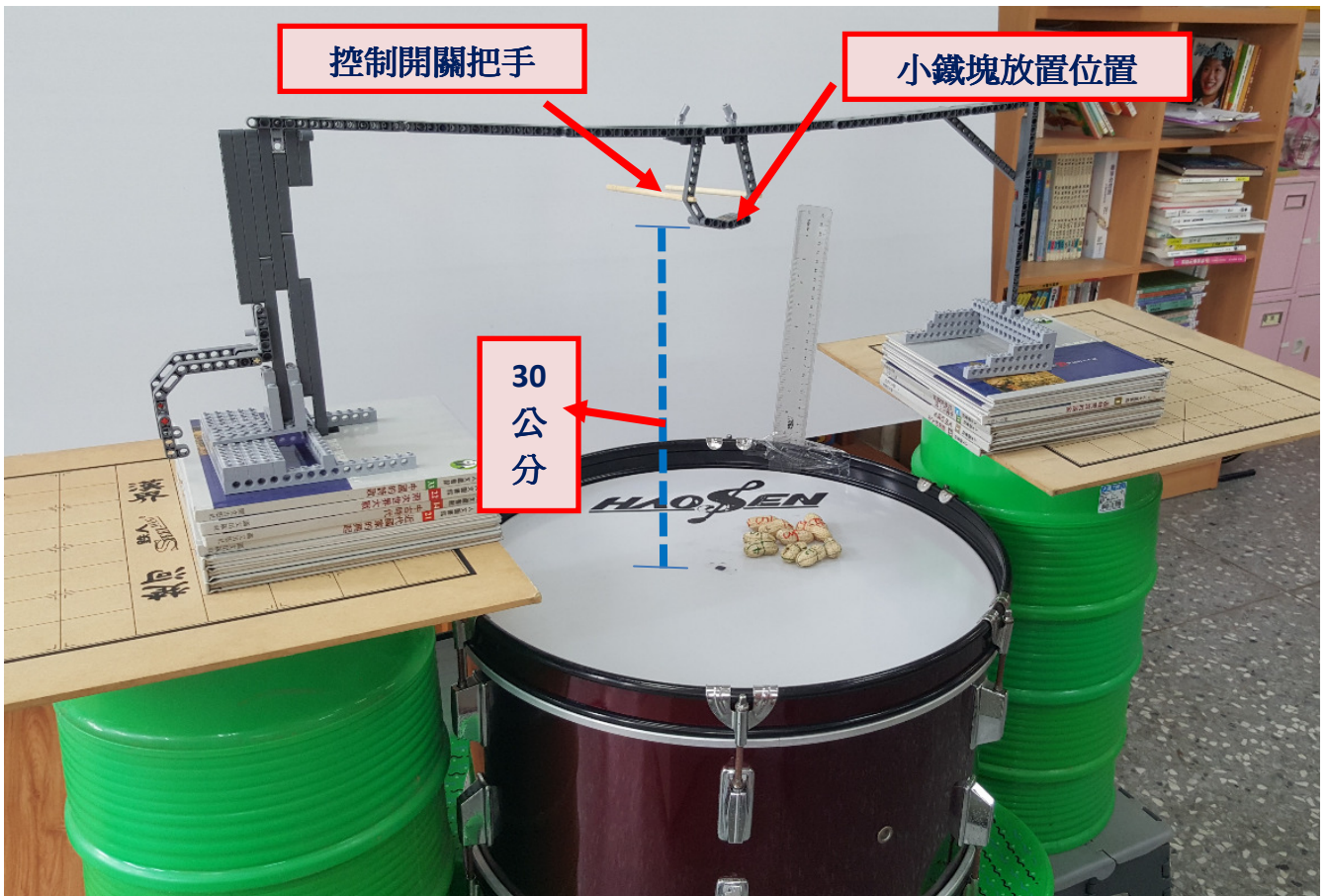


圖 4-6-4：自製垂落架



1. 【第一~第五次實驗】：每敲擊五次，量一次移動距離

表 4-6-2：小鐵塊以自由落體方式敲擊鼓面，品質好及品質差的帶殼花生移動距離紀錄表
(敲擊五次測量)(單位：公分)

	第一次實驗		第二次實驗		第三次實驗		第四次實驗		第五次實驗		每次敲擊平均移動距離	平均
	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離	每次敲擊平均移動距離	好、壞花生的平均移動距離		
壞 1	7.3	5.7	2.6	3.2	5.7	6.1	8.5	6.2	4.1	3.6	5.6	5.0
壞 2	4.4		3.9		5.8		4.8		4.3		4.6	
壞 3	8.0		4.4		6.0		6.0		3.3		5.5	
壞 4	4.2		1.0		7.6		7.5		2.5		4.6	
壞 5	4.4		4.1		5.7		4.6		4.0		4.6	
好 1	1.0	1.4	1.5	1.6	1.6	2.2	3.1	2.1	0.9	1.6	1.6	1.8
好 2	0.8		1.4		2.2		2.0		1.2		1.5	
好 3	1.8		1.9		1.9		2.4		2.3		2.0	
好 4	1.9		1.7		2.9		1.9		1.8		2.1	
好 5	1.7		1.5		2.5		1.6		1.8		1.8	

2. 【發現】：

- (1)品質差的花生皆會落在鼓緣上
- (2)第一次敲擊時，彈跳得最遠的一定是品質差的花生
- (3)彈跳高度高於 2 公分的，多為品質差的花生
- (4)品質好的花生平均每次移動距離為 1 點多公分
- (5)品質差的花生平均移動距離皆比好的花生大

四、實驗發現：

- (一) 品質差的花生平均移動距離皆大於品質好的花生：比較固定力道和自由落體，每次敲擊時花生的平均移動距離後，可發現不管是哪種敲擊方式，品質差的花生其平均移動距離都較長，而品質好的花生其每次敲擊的平均移動距離都只有一點多公分。

圖 4-6-5：固定力道時，花生每次敲擊的平均移動距離



「品質好」的花生
平均移動距離較「小」

圖 4-6-6：自由落體時，花生每次敲擊的平均移動距離



- (二) 品質差的花生都會落在鼓緣：不管是固定力道或自由落體，敲擊一定的次數後，品質差的花生都會落在鼓緣上。
- (三) 從上面兩個實驗可知道固定力道和自由落體的研究發現是相同的，例如：
肉眼觀察到的現象：
1. 敲擊之後，品質差的花生皆會落在鼓緣上
 2. 第一次敲擊時，彈跳得最遠的一定是品質差的花生
 3. 彈跳高度高於 2 公分的，多為品質差的花生
- 數據觀察到的現象：
1. 品質差的花生移動距離比品質好的花生大
 2. 品質好的花生，平均移動距離都只有一點多
- (四) 使用自由落體的方式時，花生的好壞會更早呈現出來：使用小鼓槌需敲擊 30 下才能分辨花生優劣，使用自由落體敲擊 20 下便可來分辨花生品質的好壞。推測是因為規律而相同的敲擊力道的自由落體方式，小鐵塊重量及落下高度剛好適用於分辨鼓面上花生的好壞。

五、實驗結論：可利用物體再鼓面震動來判斷花生的品質好壞

伍、研究結果

一、落槌位質與物體移動的距離關係：

- (一)物體和落槌位置越遠，物體移動的距離越短。
- (二)當落槌位置和物體都很接近鼓心時，會有最遠的移動位置。
- (三)落槌位置在鼓緣時物體較不會翻動。
- (四)立方體放置於鼓面正中間時，立方體的移動方式最穩定，不管落槌處在哪裡，移動距離變動並不大。
- (五)若立方體放置於鼓面正中間時，我們可以知落槌高度變為 3 倍，距離變為約 1.4 倍。

二、物體形狀與物體移動距離的關係：

- (一)球狀紙團因為會滾的原因，有些時候比空心立方體(五面)移動距離還遠，但如果扣掉它自行滾動的範圍，因為受震動而移動的距離其實不多。
- (二)空心立方體(五面)移動最穩定，雖然有以鼓心為圓心繞圓的跡象，但並不明顯。我們推測它移動最穩定的原因是因為它是空心的，可能可以看鼓的震動共鳴。

三、物體重量與物體移動距離的關係：從倍數平均值可以看到重量越少越穩定，越不會繞圈圈。

四、接觸面積和物體移動距離的關係：

- (一)和鼓面接觸面積太小會造成無法震動和移動方式不穩定，因而移動距離較少
- (二)不管接觸面積多少，只要是因為鼓面震動而移動的物體，多多少少都會有以鼓心為圓心移動的現象
- (三)落槌位質與物體移動的距離關係接觸面積越大，物體移動距離越少。但在實驗四中我們也發現如果接觸面積太小，引起物體移動不穩定，也會造成移動距離太短。

四、品質好與品質差的稻穀其移動方式不同：

- (一)鼓面震動時，品質好的稻穀較品質差的米易旋轉。
- (二)品質好的稻穀移動範圍較品質差的稻穀小。推測是因品質好的稻穀較飽滿，接觸面積較小，因此移動範圍較穩定，且繞圓現象更加明顯。
- (三)品質好的稻穀其移動距離及與起始點的比值介於 1.61~2.14 之間，而品質差的稻穀其移動距離及與起始點的比值 >2.49 或 <0.87 。

五、品質好與品質差的稻穀其移動方式不同

- (一) 可利用物體再鼓面震動來判斷花生的品質好壞
- (二)品質差的花生平均移動距離皆大於品質好的花生：品質差的花生其平均移動距離都較長，而品質好的花生其每次敲擊的平均移動距離都只有一點多公分
- (三) 品質差的花生在敲擊一定的次數後，都會落在鼓緣
- (四) 使用固定力道和自由落體來檢測花生品質，結果是相同的
- (五) 使用自由落體的方式時，花生的好壞會更早呈現出來

陸、結論

一、落槌高度、物體放置位置、物體形狀、物體重量、接觸面積及落槌位置皆會影響鼓面上物體的移動行為：我們發現落槌高度影響移動距離最大，這和我們之前的猜測一樣，如果要將影響物體移動因素進行影響大小的比較會是這樣排序的：落槌高度 $>$ 物體放置位置 $>$ 物體形狀 $>$ 物體重量 $>$ 接觸面積 $>$ 落槌位置。我們也發現空心立方體(五面)最穩定，最不會翻轉，再加上合適的負重與接觸面積，相信會是在鼓面上移動物體的速度冠軍。

二、畫圓現象：根據我們的研究發現，只要是因為震動而移動的物體都會以鼓面為中心進行畫圓的動作。稻穀在因受敲擊而震動的鼓面上會有持續轉圈的現象。未來我們的研究方向則是找出如何讓物體在鼓面上跑出一個完整的圓形，以及圓形半徑和落槌重量的關係。

三、農作物(稻穀及帶殼花生)品質篩選的應用：透過我們的實驗可以發現，品質優良與品質較差的稻穀與花生，其在鼓面上會有不同的移動行為，品質較差的稻穀與花生皆容易在敲擊的過程彈跳出來或移動得較遠，特別是帶殼花生的現象更為明顯，不管是用手或使用自由落體的方式敲擊，在敲擊數次後，品質差的花生皆會落在鼓緣上。這個發現可以讓農民應用在篩選農作物上，利用簡單的敲擊方式，即可快速將品質較差的農作物篩選出來，以管控產品的品質。

柒、參考資料

一、波的干涉與樂器

<http://home.phy.ntnu.edu.tw/~eureka/contents/elementary/chap%204/4-4-1.htm>

二、振動知多少？

<http://www.baike.com/wiki>

【評語】 080105

1. 本作品為有趣及生活化實驗。
2. 能應用於農作品的篩選，具有實際價值。