

# 顆粒在容器中運動路線的探討

高小組物理科第二名

台北縣國光國民小學

作 者：李思亮、徐安君

林哲豪、鍾彥斌

指導教師：邱重賢、陳叡智

## 一、研究動機

記得上學期中有一天，頑皮的妹妹不小心把米缸弄翻了，掉在地上的米和細沙混在一起。那時媽媽把散落的米掃成一堆，放進裝糖果的鐵盒子裏，只見媽媽雙手拿著鐵盒子上下搖動，盒子裏的米也跟著上下跳動，我看了覺得很有趣，但是不知道媽媽的用意是什麼？媽媽告訴我：「沙粒因為比米細小，用這種方法可以將米和沙粒分開。」過了不久，果然看見米和沙粒分為兩層，這件事引起我研究的興趣，各種不同的顆粒在容器中是怎樣的運動呢？到學校約了幾位有興趣的同學一起研究並請老師指導。剛好我們老師第二十二屆科展時曾指導同學做過類似問題的研究，於是在老師的指導下我們設計了這個實驗，做更深一層的研究和探討。

## 二、研究問題

- (一)怎樣才能把米和沙粒分開？
- (二)不同直徑大小的顆粒在容器裏怎樣運動？
- (三)不同重量的顆粒在一起運動時，會不會影響運動的路線？
- (四)不同形狀的顆粒在一起時，會不會影響運動的路線和速度？
- (五)顆粒在不同形狀的容器中運動路線是否相同？
- (六)活動空間的大小和顆粒的自由移位有關嗎？
- (七)活動空間的大小和顆粒的運動速度有關嗎？

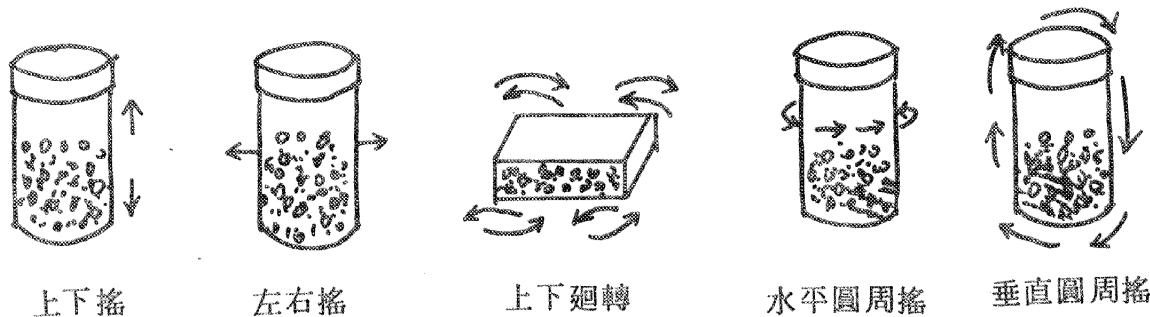
## 三、研究設備器材

- (一)各種不同類形的容器和顆粒。
- (二)自製實驗工具：震動器三個。

## 四、研究過程

問題(一)：怎樣才能把米和沙粒分開呢？

- 1 將米和細沙混合在一個平面容器裡，然後拿出來平均分裝入盒裡。
- 2 請五位同學分別以不同方法使細沙和米能清楚的分開。有的上下搖，有的左右搖，有的上下旋轉……等。

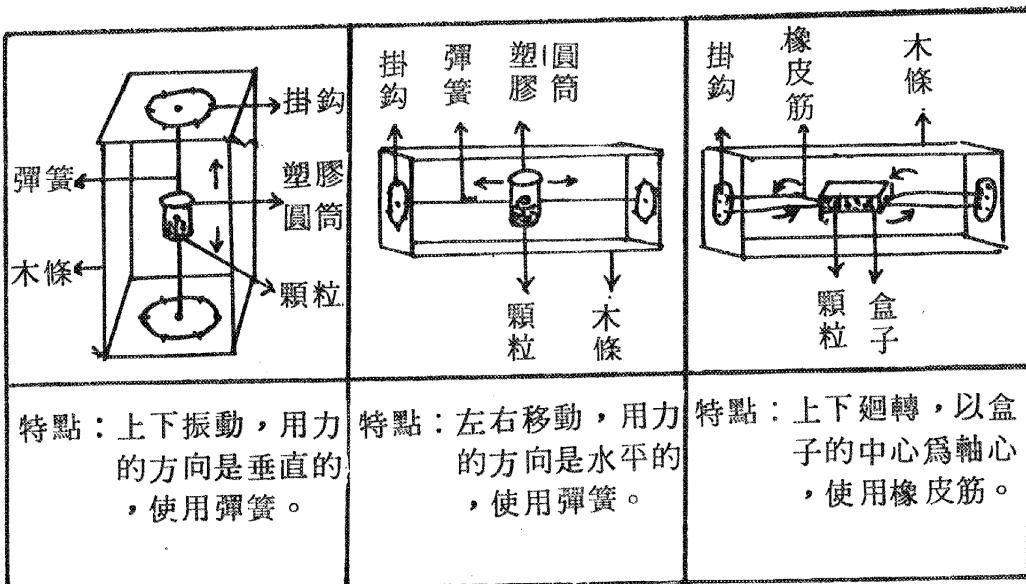


結果：要分開沙和米最好的方法是用手上下搖，沙粒會很快的掉在容器的最下方。

問題(二)：不同直徑大小的顆粒在容器中怎樣運動？

實驗設計：

- 1 製作震動器來保持每次搖動力量的大小，利用木頭釘好的架子裝上彈簧。
- 2 收集各種不同的容器，在容器適當的地方裝上掛鈎來鉤彈簧。
- 3 找許多不同形狀、大小、質料、重量的顆粒放進容器中利用彈簧震動來做實驗。



一號震動器

二號震動器

三號震動器

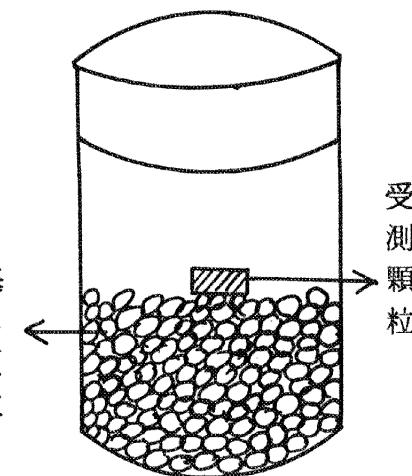
我們使用的顆粒：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
重 量	保	保	保	保	保	保	1	2	3	塑	圓	塑	木	橄	塑	1	2	3	花	鋁	高	豌	稻	綠	糙
	公	公	公	公	公	公										公	公	公							
	力	力	力	力	力	力	分	分	分	膠	膠	膠	環	櫃	膠	分	分	分							
	長	長	長	長	長	長										長	長	長							
	保	保	保	保	保	保	子			圓					算	塑	塑	塑							
	龍	龍	龍	龍	龍	龍	力	力	力	子					膠	膠	膠	膠							
	球	球	球	球	球	球	塊	塊	塊	彈	片	珠	珠	核	珠	塊	塊	塊	片	梁	豆	穀	豆	米	
名 稱	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	—	—	○	—	六	○	○	○	○	○	○	○	○	
	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	
	六	四	○	○	○	○	○	○	三	五	七	七	九	三	八	六	四	八	二	二	二	一	二	○	
	五一	六	二	四	六																				三
	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	克	

### 實驗(二)

選擇多量的各號顆粒，放進容器中做為基本顆粒，另外再拿幾個不同直徑大小的顆粒各一個做為受測顆粒，放在各號顆粒的上面，開始依照 1 2 3 號震動器來做實驗。每次震動都以受測顆粒到

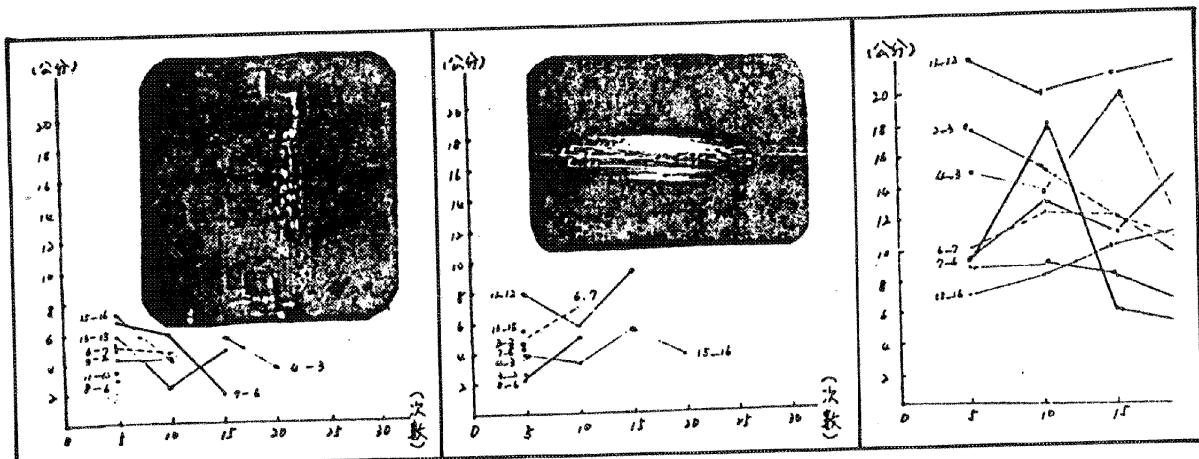
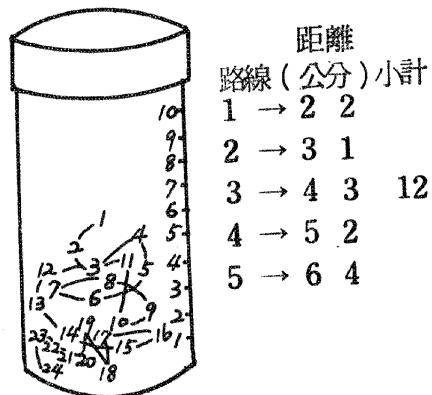
達底部爲止，但最多以 30 次爲限，超過 30 次就停止。然後逐次紀錄停止時受測顆粒的位置。



受測顆粒	3	2	4	7	6	8	11	15	16
基本顆粒	2	3	3	6	7	6	12	16	15
在一號震動器內運動的路線									
在二號震動器內運動的路線									
在三號震動器內運動的路線									

行進距離的計算：在容器旁邊劃上刻度，等震動器停止以後，把受測顆粒的位置劃在方眼紙上，然後計算格數，就是每次行進的距離，我們將每 30 次實驗分成六等份，震動五次計算一次距離。

## 計算方法



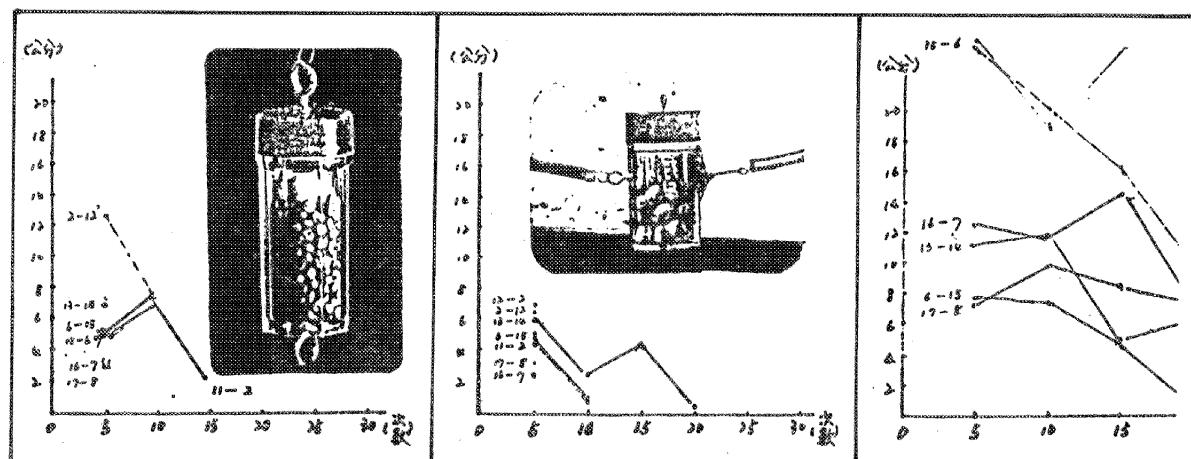
結果：由實驗紀錄和統計中，我們發現顆粒的大小，會影響它的運動速度。當受測顆粒小於基本顆粒時，它很快鑽到罐子底部，而且行進距離也較長。若大於基本顆粒，就會在上層原地打轉，特別是圓形的顆粒更明顯。

問題(三)：不同重量的顆粒在一起運動時，會不會影響運動的路線？

研究方法：選擇重量不同的顆粒，放在盒中，加以震動以後，看受測顆粒的運動路線及距離，並且紀錄下來。

受測顆粒	12	11	2	13	16	17	6	15
基本顆粒	2	2	12	14	7	8	15	6
在一號震動器內運動的路線								
在二號震動器內運動的路線								
在三號震動器內運動的路線								

運動距離計算方法，如實驗二。



1 號震動器

2 號震動器

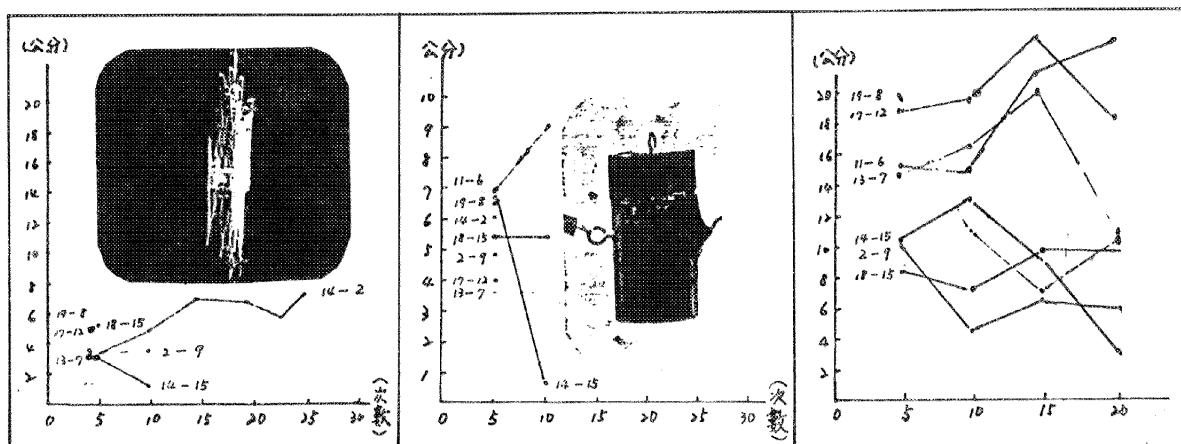
3 號震動器

結果：我們發現受測顆粒的重量若超過基本顆粒，那麼它會很快下降到底部。重量愈大速度愈快，重量愈小，速度愈慢。

問題四：不同形狀的顆粒一起時，會不會影響運動的速度和路線？

研究方法：選擇不同形狀的顆粒，分別放在各種基本顆粒上，再用三種不同用力方向的震動器來做實驗，並紀錄它的路線和行進距離。

受測顆粒	14	11	13	18	14	2	17	19
基本顆粒	2	6	7	15	15	9	12	8
在一號震動器內運動的路線								
在二號震動器內運動的路線								
在三號運動器內運動的路線								



1 號震動器

2 號震動器

3 號震動器

結果：我們發現受測顆粒的形狀會影響它的運動速度和路線；其中較好的是橄欖核，它的形狀呈 $\text{纺錘形}$ ，兩頭尖，它就利用這尖頭來鑽入基本顆粒間的空隙，使得它很快的就能到達底部。最差的是1號保力龍球，可能是因為它的體積大，所以不容易有足夠的縫隙供它鑽進基本顆粒中。

### 我們的發現：

- (一) 顆粒的大小影響運動的路線較大。
- (二) 顆粒的重量影響運動的速度較大。

(三) 颗粒的形狀影響運動的情形：

1. 當顆粒是圓形體在原地打較多。
2. 當顆粒表面平滑，下降速度較快。
3. 當顆粒是線狀或  狀下降速度最快。

問題(五)：顆粒在不同形狀的容器中，運動情形是否相同？

研究方法：請同學幫忙收集不同形狀、不同直徑、高低的各形容器，有洗髮精瓶、三角燒杯、塑膠茶杯、寶特瓶……等，在裡面放入圓保力龍，並且拿一個同樣的球彩上顏色，用震動器震動，觀察它們的運動情形。

結果：我們發現——

1. 顆粒會隨著容器外形而改變行走的路線。

實驗情形						
運動路線	21	19	17	15	13	11
實驗情形						
運動路線	22	20	18	16	14	12

探討

為什麼 2 號容器中的顆粒不會下降，而同樣大小的顆粒放在 1 號容器中却會下降呢？

顆粒的運動是否和可供活動的空間大小有關？

假設

容器內的活動空間愈大，顆粒的運動愈快速、自由。

2. 容器的四週假如是指角或者底部是直角則顆粒下降到底部的時間會增加。

3. 若是圓形，則行進路線會打轉，但時間比較短一點。

問題六：活動空間的大小和顆粒的自由移位有關嗎？

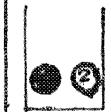
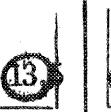
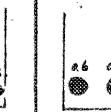
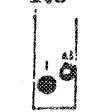
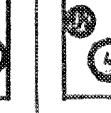
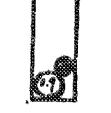
研究方法：拿不同徑，高低的圓柱形罐子，裝入不等量的保力龍球，其中一個彩色以後，放在罐中，利用 1 號震動器做實驗，觀察它的運動距離。

瓶號		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
下部 所 願 到次 底數	1	4	2	8	5	2	無	法	到	達	底	部
	2	3	3	7	4	1	無	法	到	達	底	部
	3	4	2	11	3	2	無	法	到	達	底	部
	4	5	2	8	4	1	無	法	到	達	底	部
	平 均	4	2	8.5	4	1.5	無	法	到	達	底	部

實驗情形											
運動路線	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

結果：我們使用的保力龍球直徑全部是 2.5 ~ 3.5 公分，但是在實驗中却是能在 1 ~ 5 號罐子中運動，其他均不行，經過計算我們發現——「容器中兩顆顆粒的直徑和若大於或等於容器直徑則不能運動，若小於則可自由運動。」

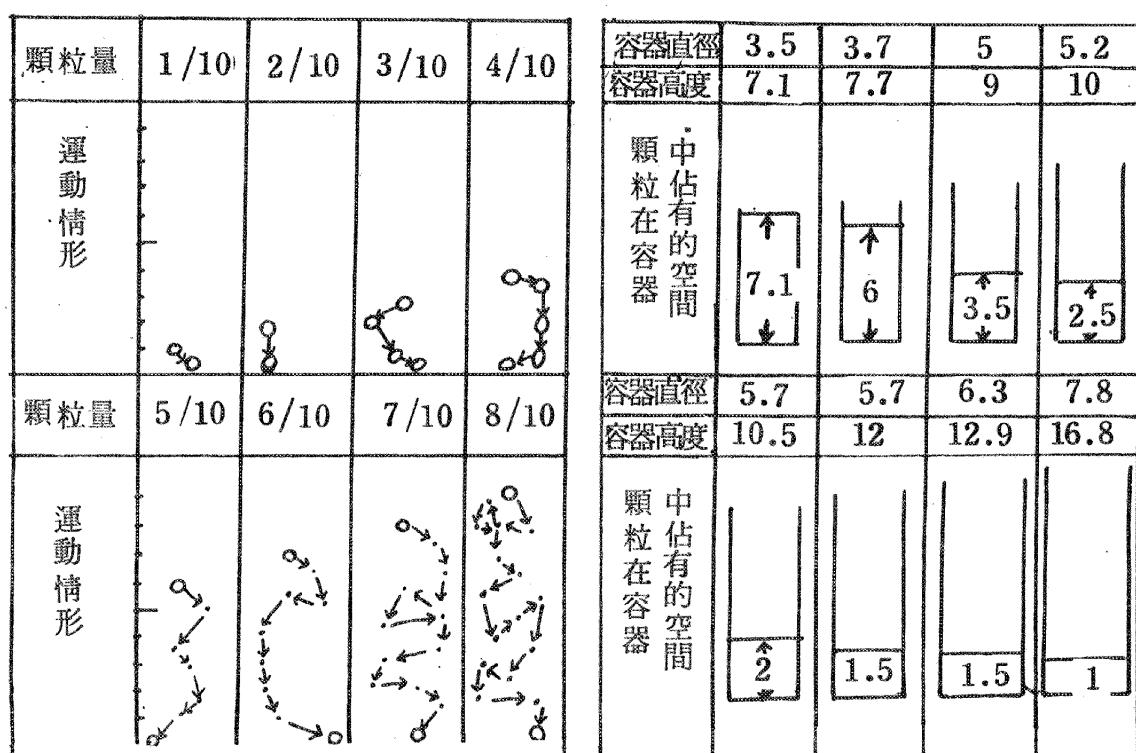
編號	顆粒直徑 $\leq$ 立容器直徑	能 否 下 降
1	2.5 公分 + 1 公分 < 6 公分	能速度很快
2	3.5 公分 + 0.3 公分 < 4.5 公分	能時間比較長
4	3.5 公分 + 3.5 公分 < 8 公分	能到底時間較長
5	1 公分 + 1 公分 < 9.5 公分	能速度最快
6	4.5 公分 + 2.5 公分 > 6 公分	否在上層打轉
8	6 公分 + 3.5 公分 > 8 公分	否打轉，有時卡住
10	2.5 公分 + 2.5 公分 > 4.5 公分	否常常卡住

可以運動的情形	$\leftarrow 6 \rightarrow$	$\leftarrow 4.5 \rightarrow$	$\leftarrow 2.6 \rightarrow$	$\leftarrow 2.6 \rightarrow$	$\leftarrow 1.5 \rightarrow$
					
不能運動的情形	$\leftarrow 6 \rightarrow$	$\leftarrow 4.5 \rightarrow$	$\leftarrow 2.6 \rightarrow$	$\leftarrow 2.6 \rightarrow$	$\leftarrow 1.5 \rightarrow$
					

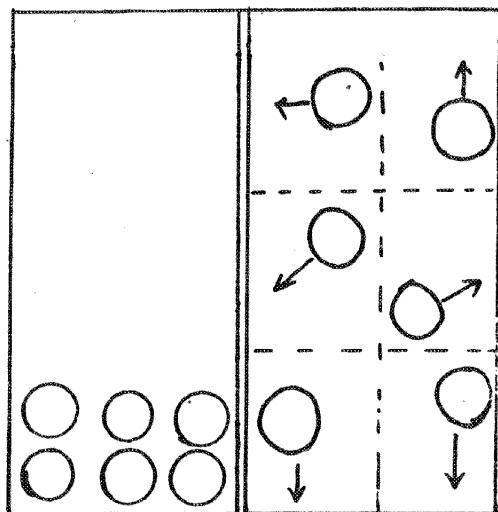
問題七：容器中活動空間的大小和顆粒的運動速度有關嗎？

實驗設計一：拿一個罐子，分成 10 個刻度，我們分幾次放入不等量的顆粒，第一次放  $9/10$ ，第二次放  $8/10$  …一直到最少的  $1/10$  為止，分別做實驗，並記錄結果。

實驗設計二：拿同量的顆粒，放在不同大小的容器裡（我們都用圓柱形的藥罐子，但直徑及高度均不相同），分別做實驗，並記錄結果。



結果：我們發現：當活動空間愈大，顆粒愈能自由的活動，上下左右互換位置。以直徑 5 公分的罐子為例，當全部放入 3 號顆粒時，可裝 128 個，若裝  $1/4$  時則為 36 個，也就是在裝  $1/4$  時每個顆粒在這罐中平均佔有它本身 4 倍的空間，所以運動起來，速度快阻礙小。變換位置可能性較大，若裝  $1/2$  則每個顆粒只佔有 2 倍體積的空間，活動的可能性就比較小了。



在容器中靜止的顆粒。

活動中的每個顆粒各佔有全容器  $1/6$  的空間。

## 五、結果與討論

(一) 顆粒在容器中的活動有一定的限制，那就是自由活動空間的限制：顆粒要在許多顆粒中上昇或下降，那麼容器的直徑一定要大於最大的兩個顆粒的直徑和。

(二) 實驗中我們歸納出：

- 1 顆粒的大小，會影響在容器中運動的路線較大。
- 2 顆粒的重量，會影響在容器中運動的速度較大。
- 3 顆粒的形狀會影響在容器中運動的速度較大，其中以橄欖形的顆粒在保力龍球中運動的效果最佳。

(三) 在實驗過程中我們又發現一些有趣的現象：

- 1 顆粒緊貼容器壁時，下降速度較其他地方快，移動距離也較大
- 2 當受測顆粒比基本顆粒輕時，受測顆粒到達容器底部後仍有可能上昇到頂端。當受測顆粒比基本顆粒重時顆粒在到達容器底部後，雖然仍有上昇的可能，但是却只能在容器底部  $1/5$  的地方上下移動。
- 3 在 2 號震動器中的顆粒，它的運動情形遠較 1 號及 3 號為低，

可能是顆粒只能左右移動而很少上下移動。

(四)應用：

我們知道顆粒在空間中的運動情形以及和其他顆粒的關係後，我們便可以製造一個完美的顆粒選擇機，或分離機。可以快速的在一堆不同大小或形狀、重量的顆粒中，找出我們所需要的顆粒。

評 語

表達生動，思慮周詳，具完整性，能作多樣化的設計。