

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

030119

桃園縣立觀音國民中學

指導老師姓名

李惠民

李孟倫

作者姓名

蕭君如

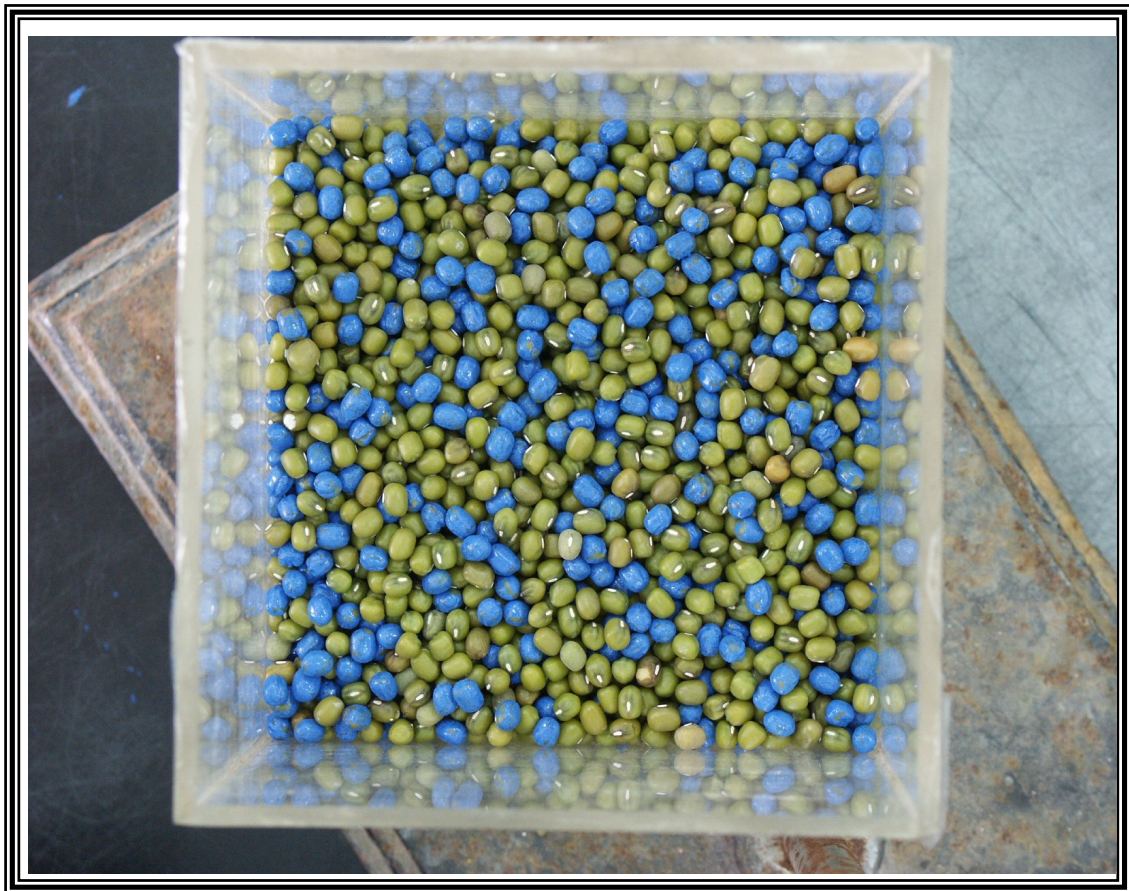
陳怡卉

姜惠茹

林佳穎

中華民國 第四十四屆 中小學科學展覽會

作品說明書



科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：披沙揀金---

如何有效分離大小顆粒

關鍵詞：顆粒體、對流機制、浮出比例

編 號：

壹、 摘要

我們的實驗主要的目的在探討振動時顆粒的流動機制，找出振動情況下大小混合顆粒分離的最佳數目比及最佳直徑比。

- 一、我們推論造成『大顆粒上浮，小顆粒下沉』的原因是因為振動時產生空隙使上層小顆粒向下填補，擠壓下層大顆粒且振動時顆粒推積造成斜面顆粒碰撞，上層顆粒體產生擠壓現象使大顆粒上升。
- 二、由數據發現，當大顆粒數目與小顆粒數目比為 5：1 時，大顆粒浮出數目最多，接著我們使用不同規格的『鋼珠』，進一步探討顆粒的最佳直徑比。我們觀察以 3/32：6/32 的鋼珠浮出數最多，推論最佳直徑比為 3/32：6/32。
- 三、大小混合顆粒，當振動次數超過 60 次時，大顆粒浮出數目不再增加，我們推論『60 次是大顆粒上升極限值』，原因可能為振動超過 60 次之後浮出之大顆粒開始下沉。

貳、 研究動機

「大膽假設，小心求證」是本校實驗室的宗旨。那一節，我們正在配合課本（自然科南一版第三冊第一章第一節）做實驗，而那個小小實驗卻使我們踏入了未知的科學旅程。

記得那次實驗主要是探討「乒乓球與米粒堆混合後搖動的影響」起初，我們才不信乒乓球能跑上來，但是這時候神奇的事發生了，在這兩者相擠之下，那乒乓球竟跑到最上方，難道說乒乓球有練輕功！？這之間的搖動使大顆粒在最上方，反之小顆粒填補在下方，此時，我們的腦筋一轉：「顆粒的大小，振動的次數以及方向會不會影響到實驗結果呢？顆粒在振動時到底是如何運動？」在好奇心的驅使之下便秉持著打破沙鍋問到底的精神向老師請教，在老師細心的指導下，我們查到一些相關資料（原文的哦！），經過一番苦讀，我們終於知道原來這就是所謂的巴西堅果效應，但是我們的疑惑仍未獲得解答，所以，我們化疑問為行動，開始展開一連串有趣的實驗。

參、 研究目的

- 一、分析模擬顆粒體振動分離現象
- 二、振動次數對浮出顆粒之影響
- 三、大小混合顆粒的直徑比對大顆粒浮出數目之影響
- 四、大小混合顆粒的數目比對大顆粒浮出數目之影響
- 五、探討振動次數與顆粒上升極限值之關係

肆、 研究設備及器材

- 一、 振動器
- 二、 1000 cm^3 之正立方體
- 三、 黃豆
- 四、 綠豆
- 五、 鑷子
- 六、 保利龍
- 七、 量筒
- 八、 數位相機
- 九、 電子秤
- 十、 各規格鋼珠，如右表

Size		Weight (g)
inch	mm	每一千顆的平均值
3/32	2.381	0.055
3/16	4.762	0.440
7/32	5.556	0.700
9/32	7.144	1.491
11/32	8.731	2.705

伍、 研究過程與結果

一、 顆粒體分離現象分析模擬

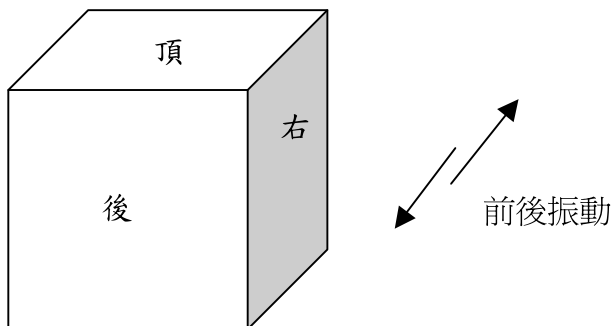
器材：顆粒體分別取綠豆、黃豆及 1000 立方公分之正方形立方體容器。

(一) 探討大顆粒於振動情況下上升的情形

- 1.方法：取著色綠豆鋪滿正立方體最頂層(572 顆)，黃豆鋪滿最底層(235 顆)。以振動幅度 15cm ， 76 次/1 分鐘水平前後振動，記錄豆子最頂層(包含 A、B、C 三區)上浮黃豆數目及側面(前、後、左、右四面)黃豆數目。

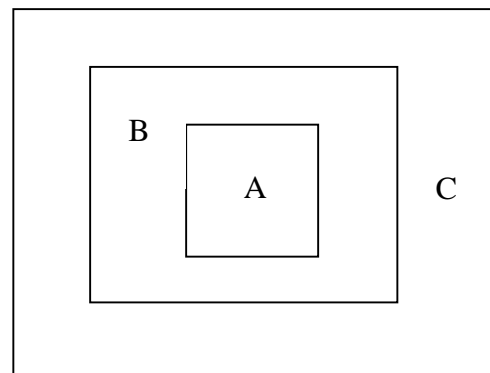
2.實驗示意圖

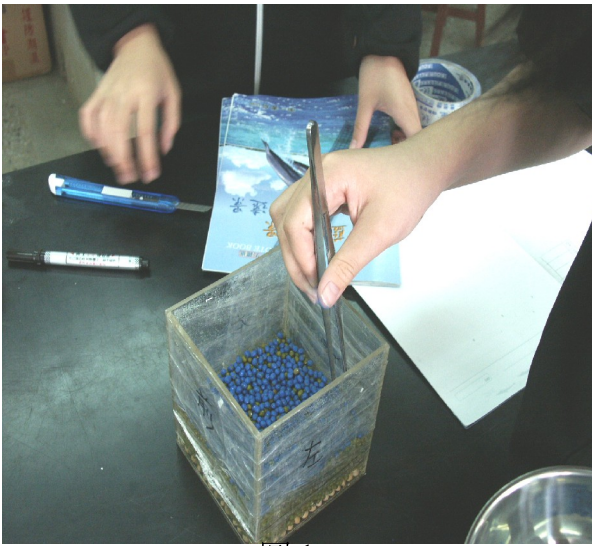
(1)操作圖



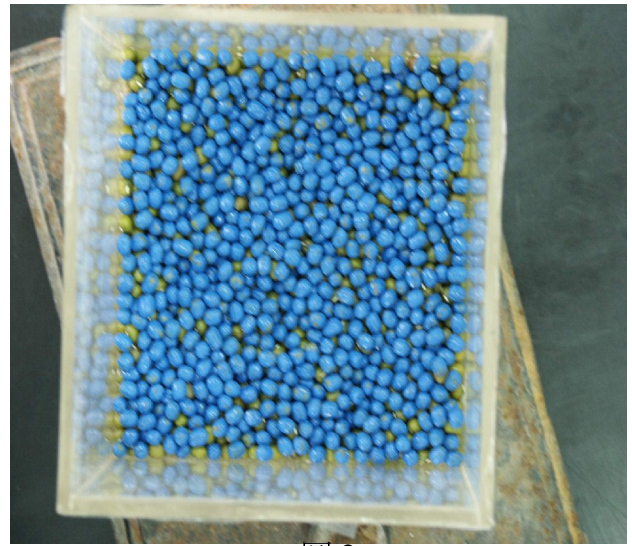
(2)顆粒體表面分區記錄圖示

(俯視圖)





< 圖 1 >



< 圖 2 >

說明如下：

圖 1：所有豆子的分布為黃豆在容器底部，夾層為綠豆，表面為已做標記之綠豆（藍色豆子）。

圖 2：已著色綠豆（藍色豆子）完全將容器表面鋪滿。

3.實驗結果：

振動次數		20	40	60
		上浮黃豆數目		
頂面 A 區	第 1 次	0	1	3
	第 2 次	1	0	2
	第 3 次	0	1	4
	第 4 次	1	2	2
	第 5 次	0	2	2
浮出總數		2	6	13
頂面 B 區	第 1 次	0	3	4
	第 2 次	0	2	2
	第 3 次	1	4	3
	第 4 次	0	1	3
	第 5 次	0	3	6
浮出總數		1	13	18
頂面 C 區	第 1 次	1	2	12
	第 2 次	2	3	7
	第 3 次	3	3	7
	第 4 次	1	3	3
	第 5 次	0	1	11
浮出總數		7	12	40

(表 1)

第一次：

側面黃豆數目 \ 振動次數		20	40	60
		前側面	底層未上浮之顆粒數	13
	上浮顆粒數	0	13	7
後側面	底層未上浮之顆粒數	14	12	5
	上浮顆粒數	0	16	3
左側面	底層未上浮之顆粒數	15	11	10
	上浮顆粒數	1	0	0
右側面	底層未上浮之顆粒數	14	8	7
	上浮顆粒數	0	0	0

(表 2)

第二次：

側面黃豆數目 \ 振動次數		20	40	60
		前側面	底層未上浮之顆粒數	12
	上浮顆粒數	1	11	6
後側面	底層未上浮之顆粒數	15	12	4
	上浮顆粒數	0	13	4
左側面	底層未上浮之顆粒數	15	10	7
	上浮顆粒數	1	1	2
右側面	底層未上浮之顆粒數	13	6	8
	上浮顆粒數	0	0	1

(表 3)

第三次：

側面黃豆數目 \ 振動次數		20	40	60
		前側面	底層未上浮之顆粒數	11
	上浮顆粒數	1	12	6
後側面	底層未上浮之顆粒數	15	13	4
	上浮顆粒數	0	15	3
左側面	底層未上浮之顆粒數	13	10	11
	上浮顆粒數	0	1	0
右側面	底層未上浮之顆粒數	14	9	7
	上浮顆粒數	1	0	1

(表 4)

第四次：

側面黃豆數目 \ 振動次數		20	40	60
		前側面	底層未上浮之顆粒數	14
	上浮顆粒數	1	12	7
後側面	底層未上浮之顆粒數	14	11	5
	上浮顆粒數	0	16	2
左側面	底層未上浮之顆粒數	16	12	10
	上浮顆粒數	1	0	0
右側面	底層未上浮之顆粒數	13	9	8
	上浮顆粒數	0	1	0

(表 5)

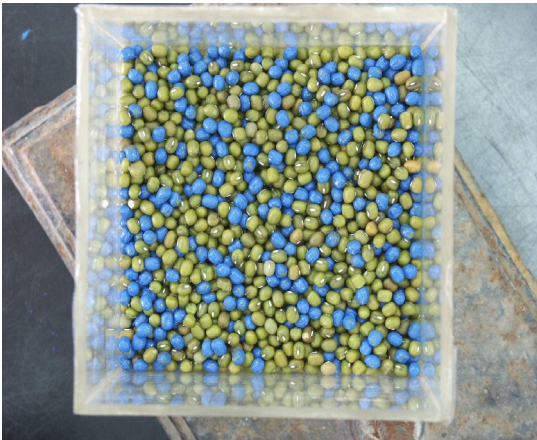
第五次：

側面黃豆數目		振動次數		
		20	40	60
前側面	底層未上浮之顆粒數	13	8	3
	上浮顆粒數	1	14	6
後側面	底層未上浮之顆粒數	15	12	5
	上浮顆粒數	0	15	3
左側面	底層未上浮之顆粒數	16	10	9
	上浮顆粒數	2	1	0
右側面	底層未上浮之顆粒數	15	9	8
	上浮顆粒數	0	0	1

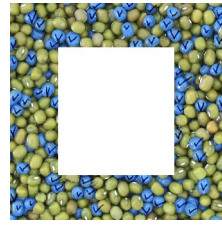
(表 6)

4.討論

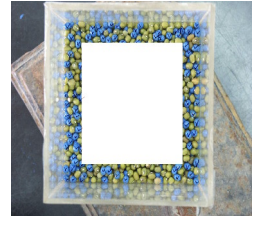
- (1)由表 1~表 6 實驗數據得知振動次數越多，底層上浮之黃豆數目越多。
- (2)由實驗結果可知豆子頂面中心區(即 A 區)浮出表面之黃豆數目最少，豆子頂面外圍(即 C 區) 浮出表面之黃豆數目最多。
- (3)由表 2~表 6 實驗數據得知在振動方向(前後振動)上的兩側面(即前側面、後側面)上浮黃豆數較多，而左、右兩側面的底層黃豆上浮數目較少。



3-1 : A 區 0 顆



3-2 : B 區 0 顆

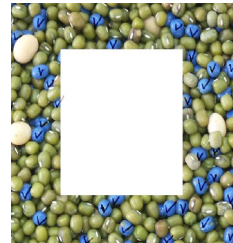


3-3 : C 區 0 顆

圖 3：振動 20 次後，已上浮黃豆分布情形。



4-1 : A 區 2 顆

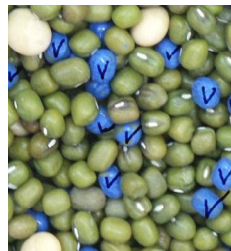
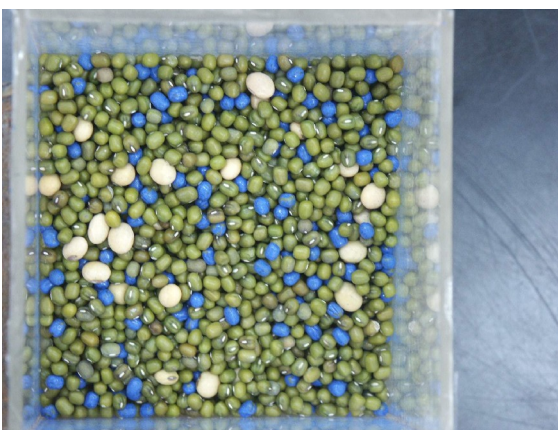


4-2 : B 區 3 顆

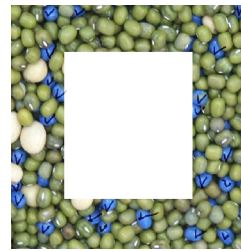


4-3 : C 區 1 顆

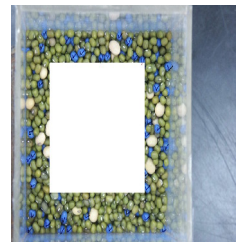
圖 4：振動 40 次後，已上浮黃豆分布情形。



5-1 : A 區 2 顆



5-2 : B 區 6 顆



5-3 : C 區 11 顆

圖 5：振動 60 次後，已上浮黃豆分布情形。

※ 本實驗照片皆選取最後一次實驗結果 ※

(二)探討小顆粒振動時下沉情況

1. <方法>取著色綠豆鋪滿正立方體最頂層(572 顆)，黃豆鋪滿最底層(235 顆)。以振動幅度 15cm，76 次/1 分鐘水平前後振動，記錄最豆子頂層(包含 A、B、C 三區)未下沉著色綠豆數目及側面(前、後、左、右四面)下沉綠豆數目。

2. 實驗結果

未下沉 著色綠豆數目		振動次數		
		20	40	60
A 區	第 1 次	28	10	8
	第 2 次	29	13	9
	第 3 次	34	12	13
	第 4 次	31	14	12
	第 5 次	33	11	13
平均		31	12	11
B 區	第 1 次	59	30	23
	第 2 次	63	31	25
	第 3 次	60	28	24
	第 4 次	59	35	26
	第 5 次	64	36	22
平均		61	32	24
C 區	第 1 次	84	37	33
	第 2 次	80	38	35
	第 3 次	84	38	34
	第 4 次	86	35	38
	第 5 次	81	37	35
平均		83	37	35

(表 7)

下沉 綠豆數目		振動次數		
		20	40	60
前面	第 1 次	24	24	27
	第 2 次	23	28	24
	第 3 次	28	29	30
	第 4 次	27	25	33
	第 5 次	23	29	31
平均		25	27	29
後面	第 1 次	25	14	8
	第 2 次	24	17	11
	第 3 次	26	20	12
	第 4 次	21	21	9
	第 5 次	24	18	10
平均		24	18	10
左面	第 1 次	28	23	17
	第 2 次	27	24	16
	第 3 次	32	24	21
	第 4 次	29	25	19
	第 5 次	29	24	17
平均		29	24	18
右面	第 1 次	23	23	24
	第 2 次	27	21	25
	第 3 次	25	22	24
	第 4 次	24	26	23
	第 5 次	26	23	24
平均		25	23	24

(表 8)



圖 6-1 振動 20 下前側面



圖 6-2 後側面



圖 6-3 左側面



圖 6-4 右側面



圖 7-1 振動 40 下前側面



圖 7-2 後側面

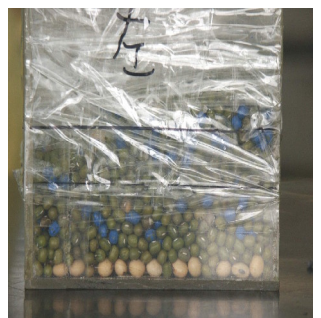


圖 7-3 左側面



圖 7-4 右側面



圖 8-1 振動 60 下前側面

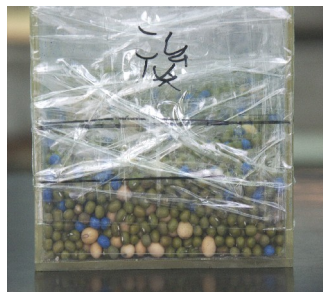


圖 8-2 後側面



圖 8-3 左側面



圖 8-4 右側面

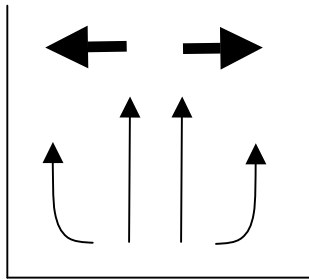
3.討論

- (1) 由表 7、表 8 實驗數據得知，振動次數越多，表面著色綠豆下沉數目越多。
- (2) 由實驗過程中發現豆子頂面中心區(A區)以著色綠豆下沉數目較外圍(C區)下沉數目多。
- (3) 由圖 6-1，7-1，8-1 發現，振動次數越多，著色綠豆下沉距離越深。

(三)推論

1.經由(一)(二)實驗結果可推論描述顆粒體於水平振動時的流動機制如下圖。

大顆粒上升模擬機制:



小顆粒下沉模擬機制:

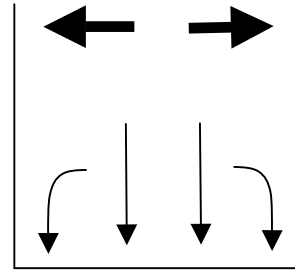
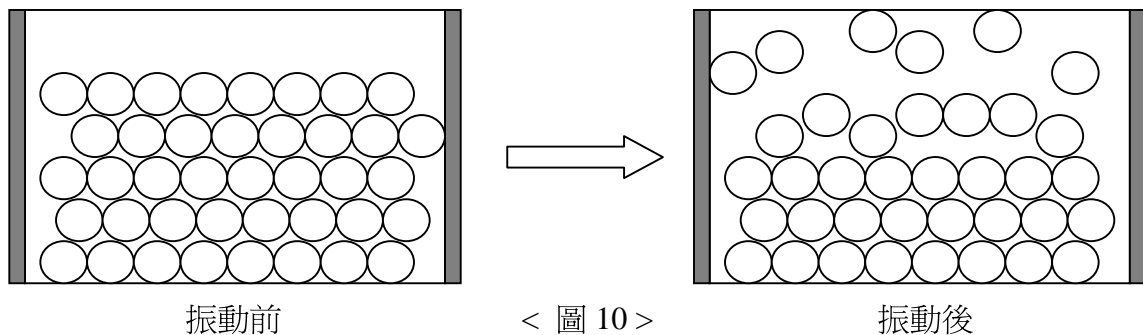


圖 9

說明：粗體箭頭為振動方向〈前後振動〉；細體箭頭為顆粒對流情形。

2.顆粒體受振動時會造成大顆粒上浮及小顆粒下沉之對流機制，其主要原因如下：

(1) 水平振動增加顆粒間空隙的產生。空隙的存在使顆粒間的結構重新整理。空隙上方之小顆粒有機會填補下方之空隙，故造成小顆粒下沉。



(2) 振動過程中顆粒會形成堆積現象，造成如同堆沙的表面傾斜，豆子表面著色顆粒會沿斜面下滑擠壓容器邊緣顆粒，力的轉移使底層大顆粒(黃豆)上升。

二、 上層顆粒在振動時，顆粒移動現象的觀察

(一)方法：由上方攝影的方式，觀察上層顆粒的運動情形

(二)實驗結果

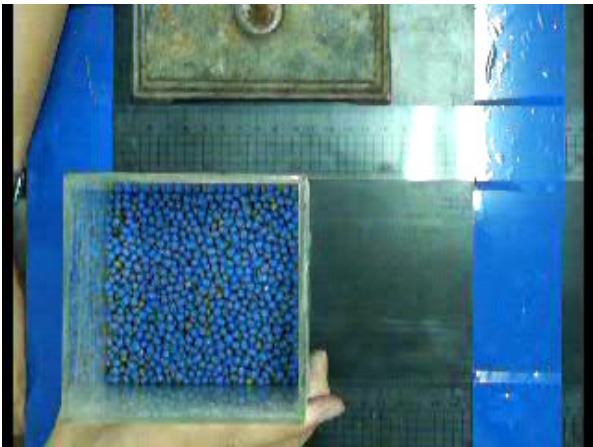


圖 11-1



圖 11-2



圖 11-3



圖 11-4



圖 11-5



圖 11-6

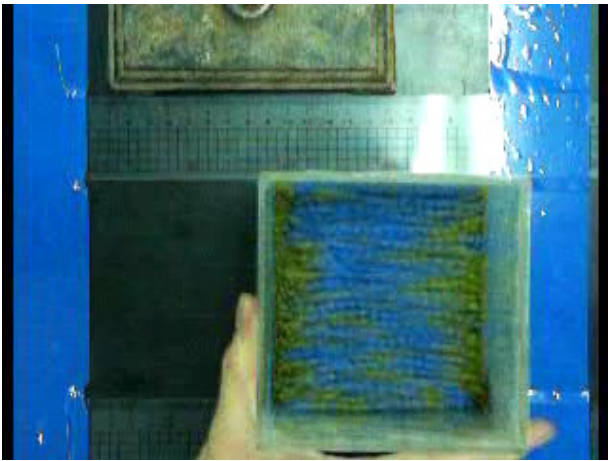


圖 11-7



圖 11-8



圖 11-9



圖 11-10

(三)討論：

1. 我們觀察到，上層的藍豆在振動時，會隨著振動方向移動，在向右振動時向右傾斜，當向左振動時，便有一些藍豆下沉。
2. 振動的次數增加之後，藍豆往兩側移動的數目越來越明顯。綠豆在中間區域浮出的數目越來越多。

(四)推論：

1. 當振動由向右轉變為向左的瞬間，在器壁和豆子的中間產生了小細縫，可以讓表面的藍豆下沉，與實驗一的結果相同。
2. 當振動次數增加時，藍豆填補空隙的次數也隨之增加，而在藍豆的擠壓下使得中間區域的綠豆上浮。

三、 探討顆粒數目及顆粒大小對振動分離的影響

(一) 事前測量：測量黃豆、綠豆之密度

器材：天平、量筒、黃豆、綠豆

1. 方法及步驟：

- (1) 將量筒先加入 5 mL 的水，再放入綠豆 20 顆，觀察水位上升變化並記錄，一直累計加到 100 顆為止。
- (2) 重覆步驟 1 做 5 次，取其水面上升體積之平均值，結果如表
- (3) 將量筒先加入 10 mL 的水，再放入黃豆 10 顆，觀察水位上升變化並記錄體積，一直累計加到 60 顆為止。
- (4) 重覆步驟 3 做 5 次，取其水面上升體積之平均值，結果如表。
- (5) 在天平的左盤放 10g 砝碼，然後在右盤上分別持續加入綠豆和黃豆直到平衡，重覆 5 次，取平均值。如〈表 9、表 10〉

2. 實驗結果

綠豆數目		20	30	40	50	60	70	80	90	100
水面上升(mL)	1	1	1.35	1.8	2.34	2.7	3.19	3.6	4.1	4.6
	2	0.8	1.3	1.7	2.26	2.68	3.22	3.59	4.2	4.6
	3	0.9	1.3	1.85	2.3	2.7	3.19	3.6	3.9	4.59
	4	0.95	1.3	1.8	2.3	2.71	3.2	3.6	4.12	4.61
	5	0.85	1.25	1.85	2.3	2.71	3.2	3.61	4.18	4.6
	平均	0.9	1.3	1.8	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	4.6
1 顆綠豆體積(cm ³)		0.045	0.043	0.045	0.046	0.045	0.046	0.045	0.046	0.046

(表 9)

平均值：0.045 cm³

黃豆數目		10	20	30	40	50	60
水面上升 (mL)	1	1.6	3	4.5	6.2	7.6	9.2
	2	1.59	3.1	4.6	6.2	7.6	9.1
	3	1.6	2.9	4.7	6.2	7.6	9.25
	4	1.6	3	4.55	6.1	7.5	9.15
	5	1.61	3	4.65	6.3	7.7	9.3
	平均	1.6	3	4.6	6.2	7.6	9.2
1 顆黃豆體積 cm ³		0.16	0.15	0.15	0.16	0.15	0.15

(表 10) 平均值：0.15 cm³

數目 \ 次數	1	2	3	4	5	平均值
	10 克綠豆數目	169	170	171	169	171
10 克黃豆數目	48	48	48	48	48	48

(表 11)

由表 9 及表 10 得知綠豆體積=0.046 cm³ ； 黃豆體積=0.15 cm³

由表 11 得知綠豆質量 = 0.06g ； 黃豆質量 = 0.2g

項目 \ 種類	體積	質量	密度
	綠豆	0.046cm ³	0.06g
黃豆	0.153cm ³	0.2g	1.307g/cm ³

(表 12) 黃豆與綠豆的密度如上表所示

3.討論：

由以上的數據顯示，因為黃豆與綠豆密度相近，故我們可視黃豆與綠豆為相同的顆粒。

(二) 探討大小不同的顆粒於振動情況下的最佳數目比。

1. 方法及步驟：

- (1) 取綠豆與黃豆數目比為 2 : 1，黃豆在下層，綠豆在上層，進行振動 20 次，挑出浮出黃豆顆粒，數出並記錄。
- (2) 重覆步驟(1)，分別作振動 30 及 40 次，並記錄。
- (3) 取綠豆與黃豆數目比分別為 3 : 1、4 : 1、5 : 1、6 : 1、7 : 1，重覆步驟(1)、步驟(2)，並記錄。

2. 實驗數據：

振動次數：20 次

小：大		2 : 1	3 : 1	4 : 1	5 : 1	6 : 1	7 : 1
綠豆數目		2000	2000	2000	2000	2000	2000
黃豆數目		1000	667	500	400	333	286
黃豆浮出數目	第 1 次	87	81	48	73	42	48
	第 2 次	89	79	53	68	46	43
	第 3 次	87	83	55	71	40	45
	第 4 次	89	82	54	72	45	47
	第 5 次	89	84	55	70	47	48
黃豆浮出數目平均		88.2	81.8	53	70.8	44	46
黃豆浮出比例		0.088	0.123	0.106	0.178	0.132	0.161

(表 13)

振動次數：30 次

小：大		2 : 1	3 : 1	4 : 1	5 : 1	6 : 1	7 : 1
綠豆數目		2000	2000	2000	2000	2000	2000
黃豆數目		1000	667	500	400	333	286
黃豆浮出數目	第 1 次	82	87	93	67	55	70
	第 2 次	84	85	91	76	53	64
	第 3 次	87	82	90	62	60	68
	第 4 次	86	83	89	68	58	66
	第 5 次	88	83	88	70	54	67
黃豆浮出數目平均		85.4	84	90.2	70.6	56	67
黃豆浮出比例		0.086	0.126	0.180	0.175	0.168	0.234

(表 14)

振動次數：40 次

小：大		2：1	3：1	4：1	5：1	6：1	7：1
綠豆數目		2000	2000	2000	2000	2000	2000
黃豆數目		1000	667	500	400	333	286
黃豆浮出數目	第 1 次	80	96	83	93	76	64
	第 2 次	85	97	88	95	79	69
	第 3 次	83	104	86	100	76	73
	第 4 次	82	98	86	97	77	68
	第 5 次	85	101	82	95	79	66
黃豆浮出數目平均		83	99.2	85	96	77.4	68
黃豆浮出比例		0.083	0.148	0.170	0.240	0.231	0.238

(表 15)

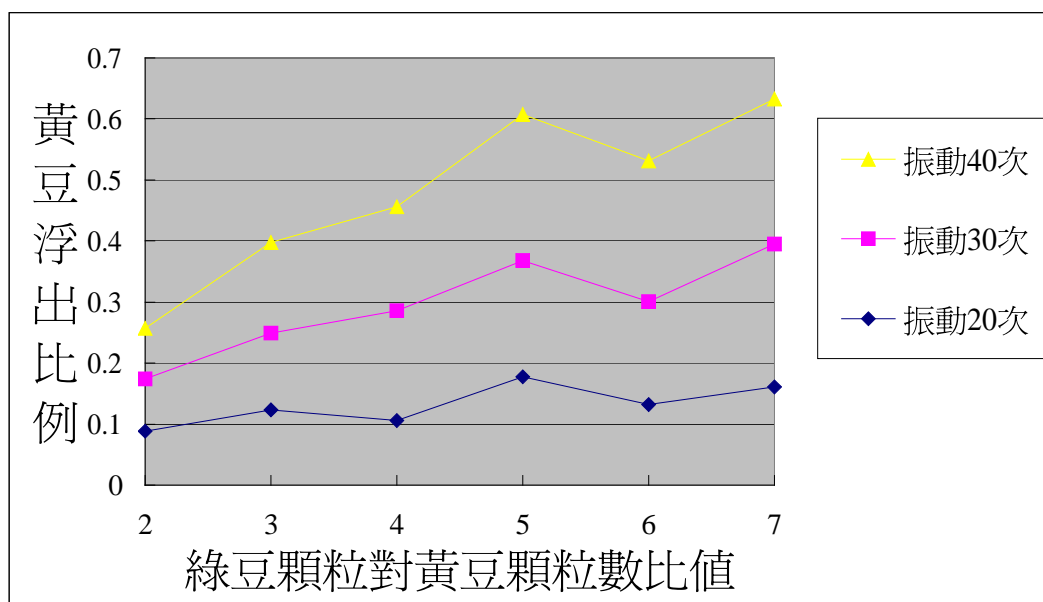


圖 12

小：大	2：1	3：1	4：1	5：1	6：1	7：1
20 次黃豆浮出數目平均	88	82	53	71	44	46
30 次黃豆浮出數目平均	85	84	90	71	56	67
40 次黃豆浮出數目平均	83	99	85	96	77	68

(表 16)

3.討論：

- (1)由(一)事前測量實驗得知,密度相近的材質，顆粒大者上浮。
- (2)由圖 12 可知大小顆粒最佳數目比為 5：1。(小顆粒數目:大顆粒數目)
- (3)由表 16 知振動次數越多則黃豆浮出數目越多。

(三) 探討密度相同的大小混合顆粒於振動情況下的最佳直徑比

器材：各規格鋼珠，振動器，1000 cm³的立方體

選材原因: 因實驗(二)發現密度相近的材質，顆粒大者上浮，我們為求證實及準確性，所以進一步探討密度完全相同之材質實驗。故我們選取同材質不同規格之『鋼珠』實驗顆粒體

1. 方法：

- (1)取直徑 3/32 inch 規格的鋼珠四萬顆，及 11/32 inch，9/32 inch，7/32 inch，3/16 inch 各 50 顆
- (2)取 3/16 inch 鋼珠置於下層，再將 3/32 inch 鋼珠放置其上，並進行搖晃。
- (3)分別振動 30-100 次後，計算浮出之大顆粒數目，並記錄。(浮出標準：距離盒底高度 3.2 公分以上的區域面積)
- (4)取不同規格的大顆粒，重複步驟(2)、(3)，並加以紀錄,如下表。

2.實驗數據:

規格 3/32 inch VS 11/32 inch

項次	1	2	3	4	5	6	7	8	
振動次數	30	40	50	60	70	80	90	100	
浮出表面數目	第 1 次	0	0	0	0	0	1	4	0
	第 2 次	0	0	0	0	0	1	2	0
	第 3 次	0	0	0	0	0	1	3	0
	第 4 次	0	0	0	0	0	2	4	0
	第 5 次	0	0	0	0	0	0	2	0
浮出表面平均	0	0	0	0	0	1	2.8	0	
浮出顆粒數目	第 1 次	7	13	13	20	35	38	37	39
	第 2 次	10	8	14	21	30	42	36	43
	第 3 次	8	9	17	25	29	39	42	44
	第 4 次	10	12	16	23	32	41	41	44
	第 5 次	9	12	15	19	33	40	39	40
浮出顆粒平均	8.8	10.8	15	21.6	31.8	40	39	42	

(表 17)

規格 3/32 inch VS 9/32 inch

項次		1	2	3	4	5	6	7	8
振動次數		30	40	50	60	70	80	90	100
浮出 表面 數目	第 1 次	0	7	2	11	2	6	3	3
	第 2 次	0	4	1	15	3	6	1	3
	第 3 次	0	6	3	13	4	6	2	3
	第 4 次	0	5	2	14	5	6	3	2
	第 5 次	0	9	2	12	1	7	1	4
浮出表面平均		0	6.2	2	13	3	6.2	2	3
浮出 顆粒 數目	第 1 次	20	32	33	45	36	34	32	34
	第 2 次	23	26	27	45	31	37	37	32
	第 3 次	24	31	28	48	29	35	39	37
	第 4 次	23	27	30	47	33	36	36	35
	第 5 次	20	33	32	46	35	38	36	36
浮出顆粒平均		22	29.8	30	46.2	32.8	36	36	34.8

(表 18)

規格 3/32 inch VS 7/32 inch

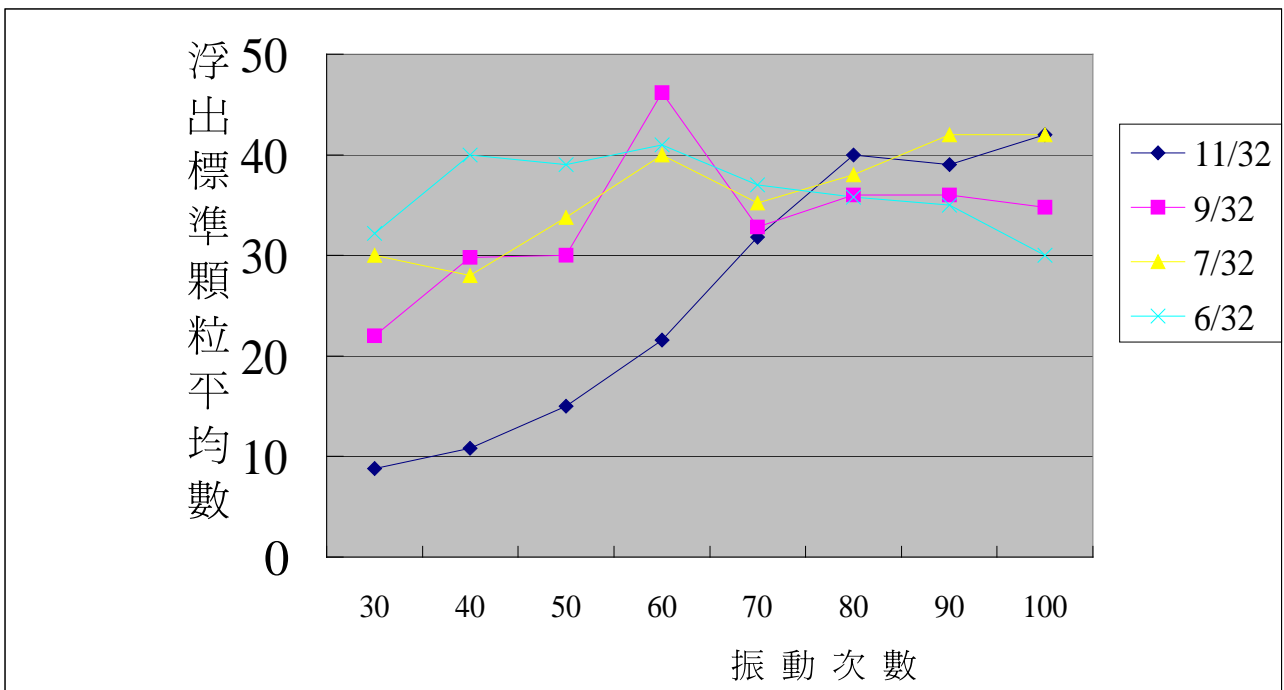
項次		1	2	3	4	5	6	7	8
振動次數		30	40	50	60	70	80	90	100
浮出 表面 數目	第 1 次	0	1	11	2	2	3	4	7
	第 2 次	0	0	13	3	3	5	4	6
	第 3 次	0	2	12	1	3	6	5	4
	第 4 次	0	1	10	3	5	4	6	4
	第 5 次	0	1	14	1	2	3	6	4
浮出表面平均		0	1	12	2	3	4.2	5	5
浮出 顆粒 數目	第 1 次	28	26	36	43	36	36	42	39
	第 2 次	32	29	30	38	39	41	38	40
	第 3 次	29	29	34	39	33	37	44	45
	第 4 次	31	29	33	40	34	40	45	42
	第 5 次	30	23	36	40	34	36	41	44
浮出顆粒平均		30	28	33.8	40	35.2	38	42	42

(表 19)

規格 3/32 inch VS 3/16 inch

項次	1	2	3	4	5	6	7	8	
振動次數	30	40	50	60	70	80	90	100	
浮出表面數目	第 1 次	10	8	10	9	8	4	3	8
	第 2 次	11	7	8	10	11	4	3	9
	第 3 次	12	9	6	8	8	6	3	13
	第 4 次	13	8	10	11	9	5	4	10
	第 5 次	9	8	6	7	9	7	2	10
浮出表面平均	11	8	7.8	9	9	5.2	3	10	
浮出顆粒數目	第 1 次	29	45	42	44	36	37	34	28
	第 2 次	34	36	38	41	40	38	38	27
	第 3 次	33	39	37	38	35	35	33	35
	第 4 次	32	41	39	40	37	35	37	29
	第 5 次	33	39	39	42	37	34	33	31
浮出顆粒平均	32.2	40	39	41	37	35.8	35	30	

(表 20)



〈 圖 13 〉

二、討論：

- (1)由實驗數據得知不同大小鋼珠直徑的差值相差越大，當振動次數越多時，浮出顆粒數隨之增加。
- (2)振動次數在 60 次之後浮出顆粒總數維持一定值(即浮出顆粒數不再大幅度增加)。
- (3)由圖 13 及討論(2)推論，當振動次數超過 60 次時，大顆粒浮出數目不再增加可能是因為 60 次為大顆粒上升極限，振動超過 60 次大顆粒就開始下沉之時。
- (4)最佳之浮出直徑比為 3/32：3/16。

陸、 結論

一、 流動現象

- (一) 顆粒體於水平振動時其流動情形如同對流現象，即大顆粒會上升，小顆粒會下降。
- (二) 器壁前後兩側面(即振動方向:前後振動)的上升大顆粒數目遠比左右兩側面多。故推測，產生振動時，顆粒的堆積現象產生斜面，使表面顆粒沿斜面滑擠容器邊緣大顆粒，而力的轉移使前後側面的底層大顆粒上升。
- (三) 顆粒體表面於水平振動時，在左右兩器壁與豆子之間會出現細縫，此為顆粒於振動時堆積現象造成。
- (四) 振動次數越多，大顆粒的浮出數目平均值越大。
- (五) 大顆粒上浮情形大部分是沿著器壁上升，少部分是從中間上升。

二、 數目比及直徑比

- (一) 在次數相同時，大小顆粒的直徑比若越小則大顆粒上浮情形越明顯。
- (二) 大小顆粒數目比差值越大則浮出比例會越大。

三、 上升極限

- (一) 我們推測 60 次為大顆粒之上升極限，因當振動超過 60 次時，大顆粒上升數目不再大幅增加，反而上升顆粒減少，故我們推測 60 次為大顆粒上升之極限值。

柒、 未來展望

- 一、探討振動力道對顆粒分布、浮出之影響。
- 二、探討振動頻率對顆粒浮出之極限值。
- 三、探討容器的形狀和材質對顆粒浮出之影響。
- 四、探討不同材質的顆粒體對巴西堅果效應之影響。
- 五、進一步探討精確的大顆粒上浮後下沉之次數。

捌、 應用方向

- 一、使用於豆類的大小分離及品質篩選。
- 二、可用於雜質的分離。
- 三、穀物的大小分類及篩選分離。

玖、 參考資料

- 一、郭重吉 等 國民中學自然與生活科技第三冊第一章第一節 乒乓球與米粒堆之實驗。 台南市：南一書局
- 二、賈魯強、黎璧賢(2001) 漫談顆粒體物理 物理雙月刊(廿三卷四期) 503 頁
- 三、<http://www.nature.com/nsu/010329/010329-1.html> Shaking up is hard to do. Nature science update (23, March 2001)

拾、後記

『揮汗耕耘的，必歡呼收割。』這句話讓我們有更深一層的體悟，因為在成功的背後總要經過一段辛苦的耕耘...。

剛開始總覺得做這些實驗資料好難呦！結果在進行實驗的過程中，體會到其實作科展並不是這麼困難的，而且還挺有趣的呢！因為在實驗的過程中，雖然一直重複著同樣的動作，但不時也會帶點笑料讓實驗不再枯燥乏味。

在一開始我們查了許多資料，其中讓我們印象最深刻的就是一篇有關『巴西堅果效應』的『原文』資料，而且老師還要求我們自己翻譯〈用英漢字典...〉此時我們心裡想著：『這真是一條不歸路啊~』不過聰明的我們克服了萬難，突破種種的考驗，在完成之際，那股成就感讓之前勞累的感覺一下子就消失了！

但是，幸運之神似乎不再眷顧我們，在鋼珠的實驗做到最後一項結束時，太高興了，結果『樂極生悲』，發生了一件慘重的意外——四萬顆鋼珠如爆炸般飛濺開來！好險，在最後的時刻，神從睡夢中驚醒，看見了我們的努力！及時派了一位救兵給我們〈在此，感謝生物組同學友情幫助〉控制了災情，原來，幸運之神從未離開過我們.....。

經過這次的科展，我們不但學了書面的文字資料，同時，我們也成長了許多，例如：我們比以前更能以細心、耐心去面對種種困難與挑戰！我們何能不感謝這次科展的機會及辛苦指導我們的老師呢！？成功是需要付出代價的，而我們辛苦的歷程和寶貴的經驗，是我們這次參予科展最大的收穫。

評語

030119 國中組物理科 第三名

披沙揀金

主題和教材相關，從課本的活動延伸出進一步的探究。本項活動所涉及之變因很多，有些結論只適用在實驗條件之下而不宜過度延伸。