

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081507

"漏"出"珠"腳 ~ 走漏千顆珠

學校名稱：桃園縣蘆竹鄉大竹國民小學

<p>作者：</p> <p>小五 李杰勵</p> <p>小五 郭卉伶</p> <p>小五 黃巧雯</p> <p>小五 汪聖頤</p> <p>小五 錢兆洋</p>	<p>指導老師：</p> <p>余素如</p>
--	-------------------------

關鍵詞： 漏斗、堵塞、斜坡

"漏"出"珠"腳 ~ 走漏千顆珠

摘要

使用漏斗盛裝米粒或綠豆等顆粒狀物質時，經常會在漏斗出口發生堵塞，爲什麼會發生這種堵塞的情形呢？是因爲米粒或綠豆太大，或是漏斗的口徑太小，也或許有其他的因素。

爲了解開這個謎題，於是我們想到改變物體數量和大小，並利用不同傾斜角度、材質和口徑大小的漏斗來做實驗。

爲方便觀察物體經由漏斗滑落的情形，我們使用斜坡，並藉此觀察斜坡長度是否爲漏斗堵塞的原因。

壹、 研究動機

上學期做製造氧氣的實驗時，老師請我們帶水果丁來，並利用漏斗將雙氧水倒入錐形瓶中。結果有同學將水果丁倒入漏斗中，造成漏斗堵塞。因爲聽老師說過地球引力會讓物體往下掉，於是有同學問爲什麼水果丁會卡在漏斗上，而不會因地球引力往下掉。

老師說因爲水果丁比漏斗的口徑大，所以會堵塞，但有些同學的水果丁比較小塊，所以不會堵塞。

老師並且告訴我們：有學者研究發現——當顆粒物在漏斗出口頂端出現五顆串聯而成的拱橋時，漏斗就會開始堵塞。而當漏斗出口寬度大於盛裝物體顆粒的五倍大小時，就不太會發生堵塞。但當出口寬度小於盛裝物體顆粒的兩倍大小時，一定會發生堵塞。

聽到這樣的說法，我們感到非常好奇，這種結論是如何得出的呢？會不會有其他的因素影響呢？於是老師請我們自己實驗看看。

教材相關性：自然與生活科技（康軒版）五上—力與運動

貳、 研究目的

- 一、 觀察物體的大小、數量是否會影響在漏斗上的堵塞機率。
- 二、 觀察漏斗傾斜角度、材質、口徑大小是否會影響在漏斗上的堵塞機率。
- 三、 觀察斜坡長度是否會影響在漏斗上的堵塞機率。

參、 研究設備及器材

自製斜坡組（水管、木架、半圓形木塊）、自製漏斗（厚紙板、透明文件夾、砂紙）、塑膠盒、三角鐵架、珠子（4 mm、5 mm、6 mm、8 mm、10 mm、12 mm）、量角器、圓規、數位相機、塑膠袋。



自製斜坡組



右面（25 cm，可調整）



左面（20 cm）



自製斜坡組+漏斗組+塑膠盒



不同種類的漏斗與不同大小的珠子

肆、 研究過程或方法

一、 觀察物體在漏斗上的堵塞機率

(一) 步驟：

1. 製作「斜坡固定器」，前方高度為 20 cm，後方高度為 29 cm，利用它使斜坡在實驗中不易改變位置。將塑膠水管上下剖半成 U 型管與「斜坡固定器」成為「斜坡組」。
2. 使用厚紙板製作口徑 30 mm、傾斜角度約為 34 度的「自製漏斗」，準備三角鐵架並放入自製漏斗做成「漏斗組」。
3. 將漏斗組放在 U 型管出口處下方，使物體掉落時能經由漏斗傾斜面再往下掉落。
4. 準備 1000 顆直徑為 6 mm 的珠子放在斜坡長度 40 cm 處，並利用木板擋住。
5. 將木板拿開，並同時觀察珠子全都掉落後是否在漏斗上發生堵塞。
6. 記錄是否堵塞情形共 10 次，並取堵塞機率百分比。

(二) 紀錄：

實驗次數 \ 漏斗	口徑 30 mm、傾斜角度約為 34 度的厚紙板漏斗
第一次	無
第二次	無
第三次	無
第四次	無
第五次	無
第六次	無
第七次	無
第八次	無
第九次	無
第十次	無
堵塞機率百分比	0%



(三) 發現：

1. 十次實驗中，1000 顆珠子全部落下的時間皆在 4~6 秒之間，速度很穩定。
2. 每一次皆有珠子會在漏斗上旋轉，但最後還是繼續往下掉落，無堵塞情形。

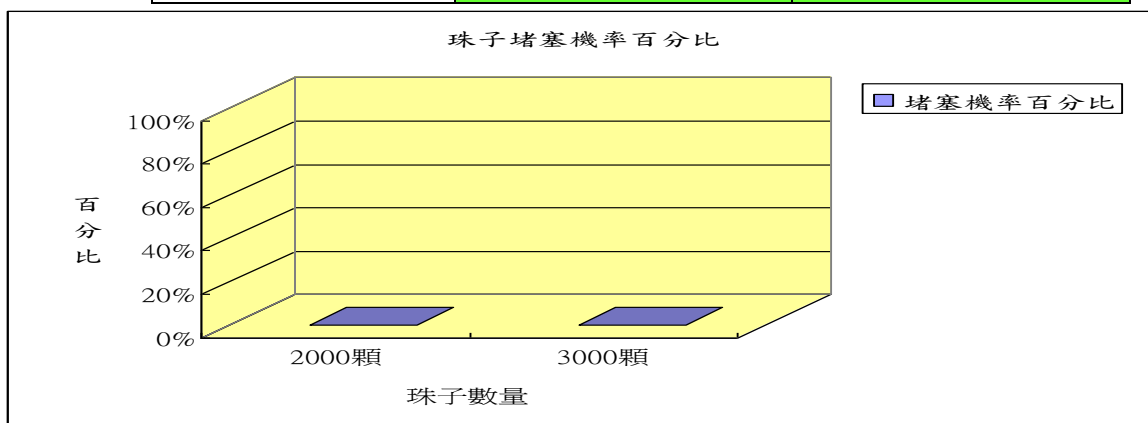
二、 物體數量與堵塞機率之關係

(一) 步驟：

1. 準備 2000 顆與 3000 顆的珠子，以及「斜坡組」、「漏斗組」。
2. 將漏斗組放在 U 型管出口處下方，使物體掉落時能經由漏斗傾斜面再往下掉落。
3. 依次將不同數量的珠子放入斜坡長度 40 cm 處，並利用木板擋住。
4. 將木板拿開，並同時觀察珠子全都掉落後是否在漏斗上發生堵塞。
5. 分別記錄是否堵塞情形 10 次，並取堵塞機率百分比。

(二) 紀錄：

珠子數量 實驗次數	2000 顆	3000 顆
第一次	無	無
第二次	無	無
第三次	無	無
第四次	無	無
第五次	無	無
第六次	無	無
第七次	無	無
第八次	無	無
第九次	無	無
第十次	無	無
堵塞機率百分比	0%	0%



(三) 發現：

1. 2000 顆的珠子在漏斗上旋轉的圈數與出現機率較 3000 顆多，但是平均花費時間僅相差 2~3 秒。
2. 無論是 2000 顆或是 3000 顆珠子都會在漏斗上旋轉，但最後還是繼續往下掉落，無堵塞情形。
3. 由此結果推論，當漏斗口徑為珠子的五倍大時，珠子的數量與堵塞的機率並沒有相關。

三、 物體大小與堵塞機率之關係

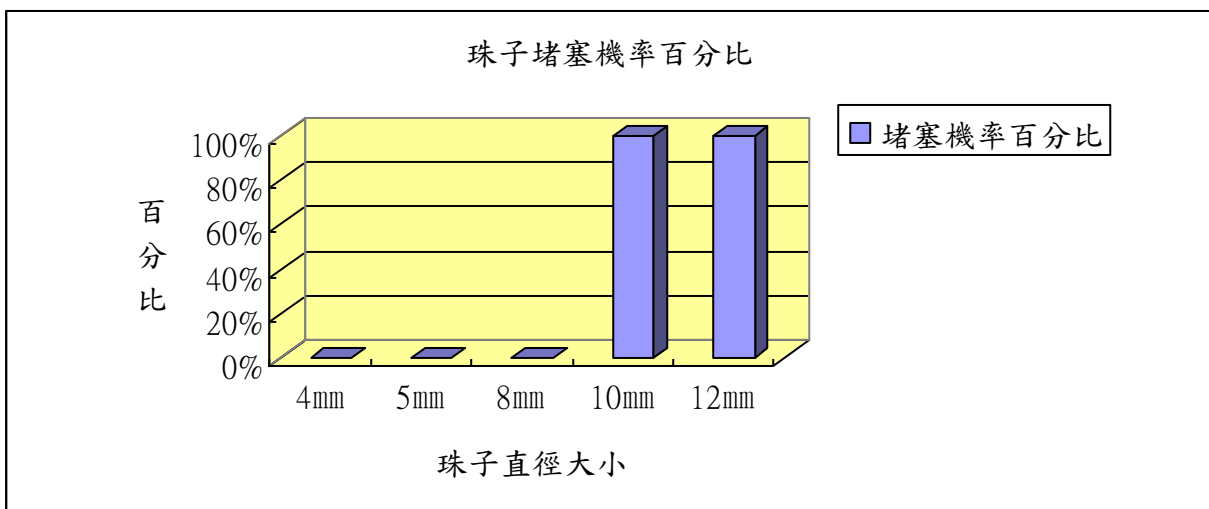
(一) 步驟

1. 準備直徑為 4 mm、5 mm、8 mm、10 mm、12 mm 的珠子各 1000 顆，以及「斜坡組」、「漏斗組」。
2. 將漏斗組放在 U 型管出口處下方，使物體掉落時能經由漏斗傾斜面再往下掉落。
3. 依次將不同大小的珠子放入斜坡，並利用木板擋住。
4. 將木板拿開，並同時觀察珠子全都掉落後是否在漏斗上發生堵塞。
5. 分別記錄是否堵塞情形 10 次，並取堵塞機率百分比。

(二) 紀錄

珠子大小 實驗次數	※4 mm	5 mm	8 mm	10 mm	12 mm
第一次	無	無	無	有	有
第二次	無	無	無	有	有
第三次	無	無	無	有	有
第四次	無	無	無	有	有
第五次	無	無	無	有	有
第六次	無	無	無	有	有
第七次	無	無	無	有	有
第八次	無	無	無	有	有
第九次	無	無	無	有	有
第十次	無	無	無	有	有
堵塞機率百分比	0%	0%	0%	100%	100%

※ 由於 4 mm 的珠子太小，雖然不會堵塞，但常常卡在 U 型管上，3~6 顆不等，但不影響實驗結果。



4 mm—無堵塞



5 mm—無堵塞



8 mm—無堵塞



10 mm—堵塞



12 mm—堵塞



(三) 發現

1. 直徑 4 mm、5 mm、8 mm的珠子十次實驗皆很順利滑落，無堵塞的情形。
2. 直徑 10 mm珠子十次實驗都堵塞了。
3. 直徑 12 mm的珠子十次實驗都堵塞，而且把漏斗給塞爆了。

4. 因為 10 mm 與 12 mm 珠子過大，實驗數量 1000 顆已是斜坡與漏斗的極限，所以無法做 1000 顆以上的實驗。
5. 漏斗口徑為 30 mm，是 4 mm 珠子的 7.5 倍、5 mm 珠子的 6 倍、8 mm 珠子的 3.75 倍，**由此我們推測當漏斗出口寬度大於盛裝物體顆粒的三點七五倍大小時，不容易發生堵塞。**
6. 漏斗口徑為 30 mm，是 10 mm 珠子的 3 倍、12 mm 珠子的 2.5 倍，**由此我們推測當漏斗出口寬度小於等於盛裝物體顆粒的三倍大小時，容易發生堵塞。**
7. 實驗 10 mm 珠子時，雖然實驗十次都堵塞，但在稍微移動漏斗後，它又會全部掉落，是最不穩定的一個實驗。
8. 我們並且觀察到珠子越大，全部滑落所需時間越長，且在漏斗上旋轉的機率也增加許多，由此我們推測造成珠子堵塞的起因，或許與珠子在漏斗上旋轉有很大的相關。

四、**漏斗口徑大小與堵塞機率之關係**

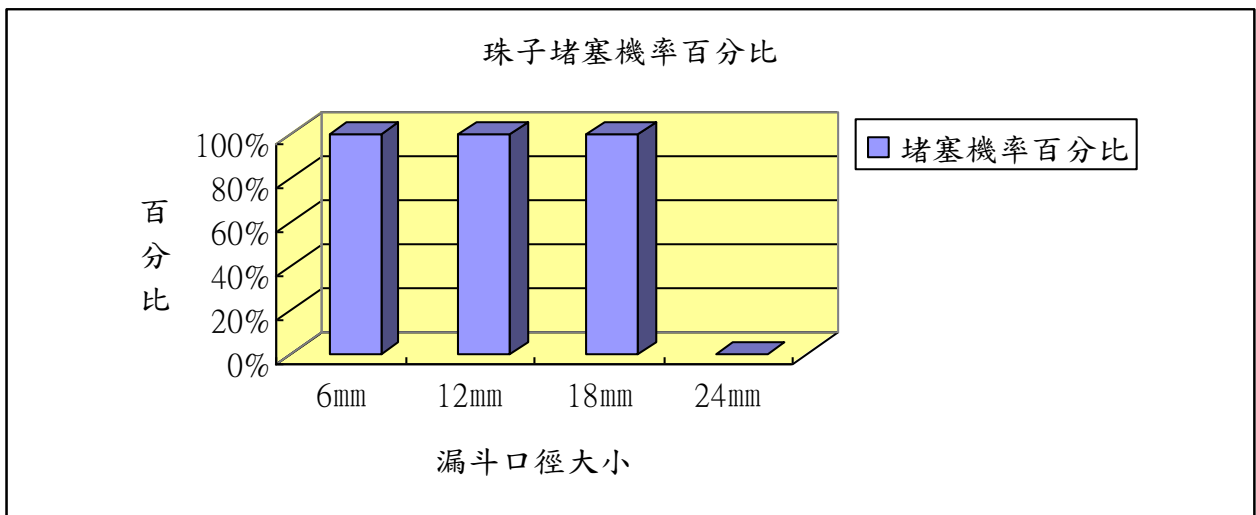
(一) 步驟

1. 利用厚紙板製作四個口徑大小分別為 6 mm、12 mm、18 mm、24 mm，傾斜度約為 34 度的漏斗，準備 1000 顆珠子、「斜坡組」、三角鐵架。
2. 將漏斗組放在 U 型管出口處下方，使物體掉落時能經由漏斗傾斜面再往下掉落。
3. 將 1000 顆直徑為 6 mm 的珠子放入斜坡長度 40 cm 處，並利用木板擋住。
4. 將木板拿開，並同時觀察珠子全都掉落後是否在漏斗上發生堵塞。
5. 依次替換不同口徑大小的漏斗。
6. 分別記錄是否堵塞情形 10 次，並取堵塞機率百分比。

(二) 紀錄

漏斗口徑大小 實驗次數	6 mm (一倍)	12 mm (二倍)	※18 mm (三倍)	24 mm (四倍)
第一次	有	有	有	無
第二次	有	有	有	無
第三次	有	有	有	無
第四次	有	有	有	無
第五次	有	有	有	無
第六次	有	有	有	無
第七次	有	有	有	無
第八次	有	有	有	無
第九次	有	有	有	無
第十次	有	有	有	無
堵塞機率百分比	100%	100%	100%	0%

※ 18 mm 的漏斗口徑為 6 mm 珠子的 3 倍，前 500 顆掉得很順利，但最後卻堵塞了。



📎 口徑 6 mm (1 倍) - 堵塞



📎 口徑 12 mm (2 倍) - 堵塞



📎 口徑 18 mm (3 倍) - 堵塞



📎 口徑 24 mm (4 倍) - 無堵塞



(三) 發現

1. 漏斗口徑為 6 mm 時，一顆珠子都掉不下來便完全堵塞了。
2. 漏斗口徑為 12 mm 時，只落下十幾顆珠子便堵塞了。
3. 漏斗口徑為 18 mm 時，平均落下 500 顆以上的珠子才堵塞。
4. 當漏斗口徑為 6 mm、12 mm、18 mm 時，十次實驗皆堵塞，但漏斗口徑為 24 mm 時，十次實驗皆無堵塞情形。
5. 漏斗口徑 6 mm、12 mm、18 mm 分別是 6 mm 珠子的 1 倍、2 倍、3 倍，**由此我們推測當漏斗出口寬度小於或等於盛裝物體顆粒的三倍大小時，容易發生堵塞。**
6. 漏斗口徑 24 mm 是 6 mm 珠子的 4 倍，**由此我們推測當漏斗出口寬度大於盛裝物體顆粒的四倍大小時，不容易發生堵塞。**
7. 我們又另外將口徑 18 mm 的漏斗用了較少數量的珠子做了實驗，發現若只用 500 顆珠子，漏斗便不會有堵塞的情形，**由此我們推測當盛裝物體的數量越多時，漏斗口徑的大小對堵塞機率的影響越明顯。**

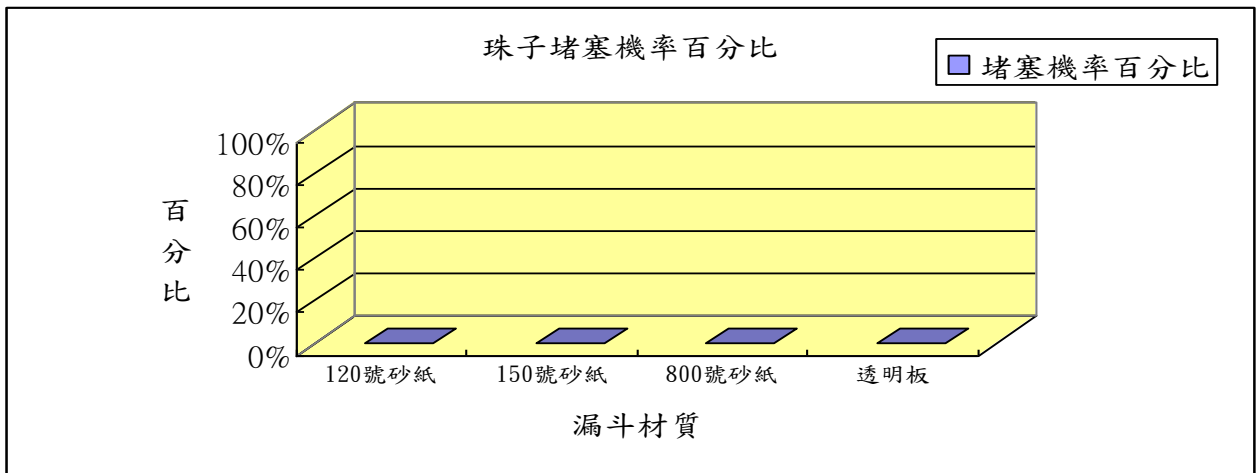
五、 漏斗材質與堵塞機率之關係

(一) 步驟

1. 分別利用 120 號、150 號、800 號砂紙、透明板製作口徑大小為 30 mm、傾斜角度約為 34 度的漏斗，準備 1000 顆珠子、「斜坡組」、三角鐵架。
2. 將漏斗組放在 U 型管出口處下方，使物體掉落時能經由漏斗傾斜面再往下掉落。
3. 將 1000 顆直徑為 6 mm 的珠子放入斜坡長度 40 cm 處，並利用木板擋住。
4. 將木板拿開，並同時觀察珠子全都掉落後是否在漏斗上發生堵塞。
5. 依次替換不同材質的漏斗。
6. 分別記錄是否堵塞情形 10 次，並取堵塞機率百分比。

(二) 紀錄

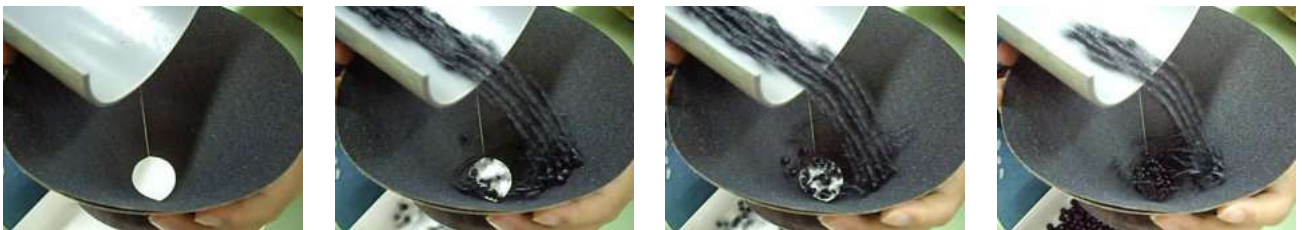
漏斗材質 實驗次數	120 號砂紙	150 號砂紙	800 號砂紙	透明板
第一次	無	無	無	無
第二次	無	無	無	無
第三次	無	無	無	無
第四次	無	無	無	無
第五次	無	無	無	無
第六次	無	無	無	無
第七次	無	無	無	無
第八次	無	無	無	無
第九次	無	無	無	無
第十次	無	無	無	無
堵塞機率百分比	0%	0%	0%	0%



📎 120 號砂紙（最粗）—無堵塞



📎 150 號砂紙（較粗）—無堵塞



📎 800 號砂紙（較細）—無堵塞



📎 透明板（平滑）—無堵塞



(三) 發現

1. 不管漏斗材質為平滑的透明板或幾號砂紙（數字越小代表越粗糙），漏斗皆無堵塞情形。
2. 表面越粗的砂紙，讓珠子旋轉圈數越少；珠子在透明板做成的漏斗上旋轉圈數最多。
3. 在此實驗中，因為堵塞機率皆為 0%，所以我們看不出漏斗的材質與漏斗堵塞機率之間的相關性，亦即在我們找到能使用的材質中，看不出漏斗堵塞的機率與摩擦力之間的關聯。

六、 漏斗傾斜角度與堵塞機率之關係

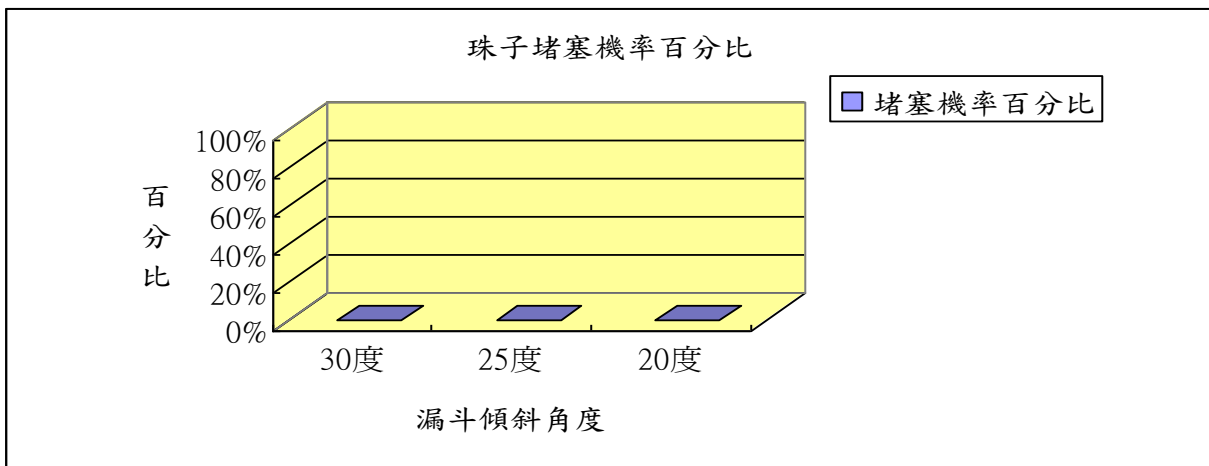
(一) 步驟

1. 利用厚紙板製作三個漏斗邊緣與出口中心軸線形成的夾角分別約為 30 度、25 度、20 度，口徑大小皆為 30 mm 的漏斗，準備 1000 顆珠子、「斜坡組」、三角鐵架。
2. 將漏斗組放在 U 型管出口處下方，使物體掉落時能經由漏斗傾斜面再往下掉落。
3. 將 1000 顆直徑為 6 mm 的珠子放入斜坡長度 40 cm 處，並利用木板擋住。
4. 將木板拿開，並同時觀察珠子全都掉落後是否在漏斗上發生堵塞。
5. 依次替換不同傾斜角度的漏斗。
6. 分別記錄是否堵塞情形 10 次，並取堵塞機率百分比。

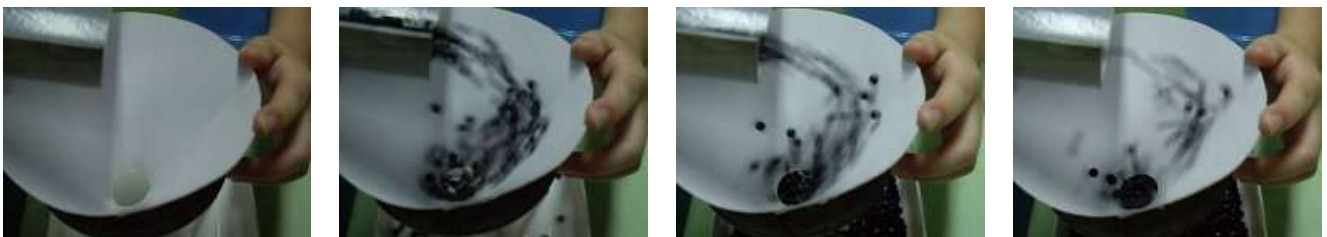


(二) 紀錄

漏斗傾斜角度 實驗次數	30 度	25 度	20 度
第一次	無	無	無
第二次	無	無	無
第三次	無	無	無
第四次	無	無	無
第五次	無	無	無
第六次	無	無	無
第七次	無	無	無
第八次	無	無	無
第九次	無	無	無
第十次	無	無	無
堵塞機率百分比	0%	0%	0%



30 度－無堵塞



25 度－無堵塞



20 度－無堵塞



(三) 發現

1. 當漏斗傾斜角度小於 20 度時，因漏斗口太小，珠子便無法經由漏斗壁掉落，而只能從漏斗出口直接掉落，嚴重影響結果，所以刪掉這個實驗。
2. 不管漏斗傾斜角度為 30 度、25 度或 20 度，漏斗皆無堵塞情形。
3. 在此實驗中，因為堵塞機率皆為 0%，所以我們觀察不到漏斗的傾斜角度與堵塞機率之間的相關。

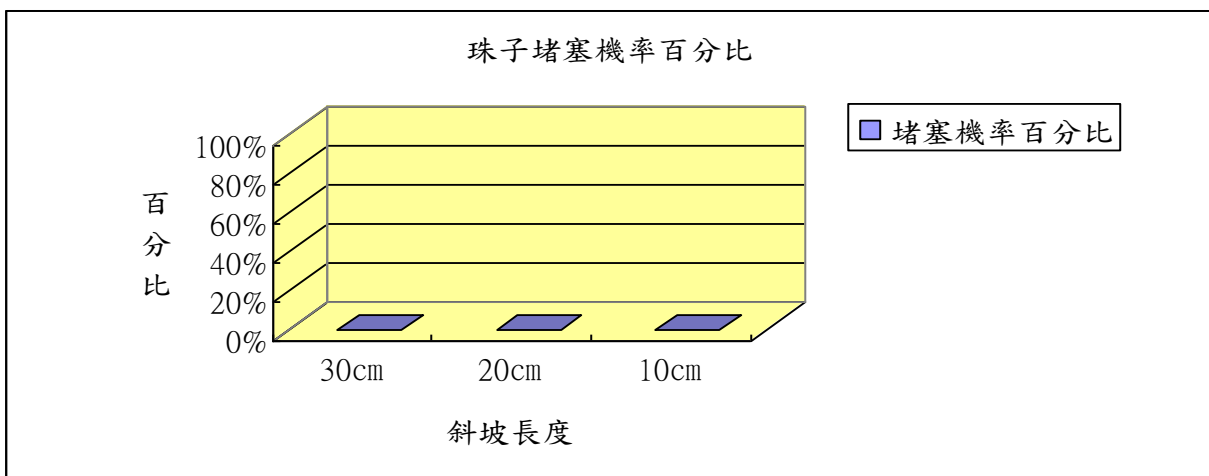
七、 斜坡長度與堵塞機率之關係

(一) 步驟

1. 準備「斜坡組」、「漏斗組」、1000 顆珠子。
2. 將漏斗組放在 U 型管出口處下方，使物體掉落時能經由漏斗傾斜面再往下掉落。
3. 依次將珠子放入斜坡長度 30 cm、20 cm、10 cm 處，並利用木板擋住。
4. 將木板拿開，並同時觀察珠子全都掉落後是否在漏斗上發生堵塞。
5. 分別記錄是否堵塞情形 10 次，並取堵塞機率百分比。

(二) 紀錄

斜坡長度 實驗次數	30 cm	20 cm	10 cm
第一次	無	無	無
第二次	無	無	無
第三次	無	無	無
第四次	無	無	無
第五次	無	無	無
第六次	無	無	無
第七次	無	無	無
第八次	無	無	無
第九次	無	無	無
第十次	無	無	無
堵塞機率百分比	0%	0%	0%



30 cm－無堵塞



20 cm－無堵塞



10 cm－無堵塞



(三) 發現

1. 不管斜坡長度為 30 公分、20 公分或 10 公分，漏斗皆無堵塞情形。
2. 由此結果推論斜坡的長度與堵塞的機率沒有很大的相關。

伍、 研究結果

實驗一：觀察物體在漏斗上的堵塞機率

- 一、珠子在掉落之前會排列成直線。
- 二、有些珠子在漏斗上會依著漏斗邊緣轉。
- 三、可以發現珠子在漏斗上呈現參考資料所說的**拱橋狀**，可是珠子在漏斗上造成堵塞的機率還是 0%。



實驗二：物體數量與堵塞機率之關係

- 一、不管珠子有多少顆，珠子在漏斗上造成堵塞的機率都是 0%。
- 二、因此我們推論當漏斗口徑為珠子的五倍大小時，珠子的數量與堵塞的機率並沒有相關。

實驗三：物體大小與堵塞機率之關係

- 一、直徑 4 mm 的珠子十次實驗皆無堵塞的情形，在漏斗上造成堵塞的機率是 0%。
- 二、直徑 5 mm 的珠子十次實驗皆無堵塞的情形，在漏斗上造成堵塞的機率是 0%。
- 三、直徑 8 mm 的珠子十次實驗皆無堵塞的情形，在漏斗上造成堵塞的機率是 0%。
- 四、直徑 10 mm 的珠子十次實驗都堵塞，在漏斗上造成堵塞的機率是 100%。
- 五、直徑 12 mm 的珠子十次實驗都堵塞，在漏斗上造成堵塞的機率是 100%

- 六、由此實驗結果，我們推測當漏斗出口寬度大於盛裝物體顆粒的三點七五倍大小時，不容易發生堵塞；反之當漏斗出口寬度小於等於盛裝物體顆粒的三倍大小時，容易發生堵塞。
- 七、珠子越大，所需時間越長，且在漏斗上旋轉的機率也明顯增加，由此我們推測造成珠子堵塞的起因，或許與珠子在漏斗上旋轉有很大的相關。
- 八、10 mm珠子的實驗是最不穩定的一個實驗，雖然實驗十次都堵塞，但在稍微移動漏斗後，它又會全部掉落。因此我們又多實驗了許多次，但結果仍然相同。

實驗四：漏斗口徑大小與堵塞機率之關係

- 一、當漏斗的口徑是 6 mm（珠子直徑的 1 倍）時，珠子在漏斗上堵塞的機率是 100%。
- 二、當漏斗的口徑是 12 mm（珠子直徑的 2 倍）時，珠子在漏斗上堵塞的機率是 100%。
- 三、當漏斗的口徑是 18 mm（珠子直徑的 3 倍）時，珠子在漏斗上堵塞的機率是 100%。
- 四、當漏斗的口徑是 24 mm（珠子直徑的 4 倍）時，珠子在漏斗上堵塞的機率是 0%。
- 五、由此實驗結果，我們推測當漏斗出口寬度小於或等於盛裝物體顆粒的三倍大小時，容易發生堵塞；而當漏斗出口寬度大於盛裝物體顆粒的四倍大小時，不容易發生堵塞。

實驗五：漏斗材質與堵塞機率之關係

- 一、當漏斗的材質為 120 號砂紙時，珠子在漏斗的堵塞機率是 0%。
- 二、當漏斗的材質為 150 號砂紙時，珠子在漏斗的堵塞機率是 0%。
- 三、當漏斗的材質為 800 號砂紙時，珠子在漏斗的堵塞機率是 0%。
- 四、當漏斗的材質為透明板時，珠子在漏斗的堵塞機率是 0%。
- 五、這個實驗中，在我們找到能使用來製作漏斗的材質裡，看不出漏斗堵塞的機率與摩擦力之間的關聯。

實驗六：漏斗傾斜角度與堵塞機率之關係

- 一、漏斗邊緣與出口中心軸線形成的夾角約為 30 度時，珠子在漏斗的堵塞機率是 0%。
- 二、漏斗邊緣與出口中心軸線形成的夾角約為 25 度時，珠子在漏斗的堵塞機率是 0%。
- 三、漏斗邊緣與出口中心軸線形成的夾角約為 20 度時，珠子在漏斗的堵塞機率是 0%。
- 四、這個實驗中，由於某些難以克服的因素（漏斗邊緣與出口中心軸線形成的夾角太小，則珠子無法順利掉落），我們觀察不到漏斗的傾斜角度與堵塞機率之間的相關。

實驗七：斜坡長度與堵塞機率之關係

- 一、當斜坡長度為 30 cm 時，珠子在漏斗的堵塞機率是 0%。
- 二、當斜坡長度為 20 cm 時，珠子在漏斗的堵塞機率是 0%。
- 三、當斜坡長度為 10 cm 時，珠子在漏斗的堵塞機率是 0%。
- 四、由此結果推論斜坡的長度與堵塞的機率沒有很大的相關。

陸、 討論

實驗一：觀察物體在漏斗上的堵塞機率

- 一、珠子會掉落，主要是因為有地球引力的緣故。
- 二、珠子掉落前會在水管上排列成直線，可能是因為水管是呈 U 型狀，珠子必須盡量靠著水管中央再滑落，所以才會造成這樣的結果。
- 三、使用 1000 顆珠子做實驗，因為珠子數量相當多，所以能夠讓堵塞和不堵塞的情形表現地較為明顯。
- 四、珠子雖然在漏斗上呈現拱橋狀，可是並沒有因此造成堵塞，應該是因為漏斗的開口半徑夠大，使珠子所形成的拱橋無法支撐，也就沒有造成之後該造成的堵塞情形。

實驗二：物體數量與堵塞機率之關係

- 一、我們使用了 3000 顆珠子，仍看不到堵塞的情形，我們認為是因為漏斗的口徑大小符合參考資料所說的 5 倍大小，所以即使珠子的數量再多，也沒有造成堵塞。

實驗三：物體大小與堵塞機率之關係

- 一、漏斗的口徑大小超過物體直徑 3 倍以上的珠子，沒有造成堵塞的情形。
- 二、漏斗的口徑大小不足或等於物體直徑 3 倍以上的珠子，有造成堵塞的情形。
- 三、由這次的實驗中，我們發現物體大小是影響堵塞機率的因素之一。

實驗四：漏斗口徑大小與堵塞機率之關係

- 一、當漏斗的口徑大小是物體的 1 至 3 倍時，物體堵塞的機率是 100%，結果符合參考資料中所說的，**當漏斗出口寬度大於盛裝物體顆粒的五倍大小時，就不太會發生堵塞。但當出口寬度小於盛裝物體顆粒的兩倍大小時，一定會發生堵塞。**
- 二、當漏斗的口徑大小是物體的 4 倍時，物體堵塞的機率是 0%，與參考資料不符，可能的原因是本次所做的實驗所做次數不夠多，所造成的實驗誤差。也可能是同一時間內，物體停留在漏斗上的量並沒有和參考資料相同，所以才造成這樣的誤差。

實驗五：漏斗材質與堵塞機率之關係

- 一、我們原本猜測漏斗材質越粗糙，會造成表面摩擦力越大，應當會影響堵塞機率，但這次實驗讓我們發現，**漏斗的材質與堵塞機率之間的關聯小於漏斗口徑大小與堵塞機率間的關係**，所以即使我們用了平滑面與粗糙面的漏斗做比較，也沒有影響到珠子堵塞的機率。

實驗六：漏斗傾斜角度與堵塞機率之關係

- 一、漏斗邊緣與出口中心軸線形成的夾角約為 20 至 34 度時，對珠子的堵塞機率並沒有很大的相關。

實驗七：斜坡長度與堵塞機率之關係

- 一、斜坡的長度在 10 至 30 cm 時，對珠子的堵塞機率並沒有很大的相關。

柒、 結論

- 一、影響珠子的堵塞機率，從這次的實驗看來，主要的原因是漏斗的口徑大小和物體的大小。
- 二、當漏斗的口徑比物體的三倍還小時，堵塞的比率非常高。
- 三、當漏斗的口徑比物體的五倍還小，就比較容易產生堵塞；如果大於物體大小的五倍，就不容易產生堵塞。
- 四、漏斗的口徑大小是物體大小的五倍時，物體的數量、漏斗的材質、斜坡的長度並不影響堵塞機率。
- 五、如果能增加實驗的次數，較能夠減少實驗誤差的影響。

捌、 參考資料及其他

- 一、 大紀元－今年一月最重要物理研究發現 解開漏斗堵塞機制謎團
<http://www.epochtimes.com/b5/1/2/7/n44654.htm>
- 二、 散粒體的流動模型
http://course.jnu.edu.cn/cxgc/shipinwx/html/content/chap6/ch6_2_2.html

【評語】 081507

很有趣，如能夠探討不同斜度對「阻塞機率」的影響，就更有趣了。

若能增流動力學的探討，及其各項因素，就能表現更自然。演練認真及流暢，值得肯定。