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　自然科

081510

天地一沙間

學校名稱：桃園縣龜山鄉大崗國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳秀位	胡曉文
小六 周姿綾	陳武顯
小六 蔡松芸	
小六 郭育彤	
小六 陳昱璁	
小六 陳律君	

關鍵詞：摩擦手　顆粒　斜坡角度

天地一「沙」間

壹、摘　　要

學校旁的公園正在整修，一堆堆沙土整齊的排放在公園裡，像一座座小山一樣，每座沙土的堆積層坡面與水平面之夾角(我們稱之為**斜坡角度**)，看起來似乎都一樣，令我們很好奇，爬上沙堆，用腳尖踢一踢，凹進去的洞又被斜坡上的沙土給填滿，所形成的角度好像還是一樣，這個有趣的現象，讓我們想了解每座沙堆形成的斜坡是否都固定同樣的角度？

我們選擇比較容易取得的材質－鹽巴，在固定的高度下灑落數次，發現形成的斜坡角度大約 40°，但因為鹽巴容易潮濕，所以改用細貓砂做實驗，發現貓砂所形成的斜坡角度大約是 35°，又由不同的高度，不同斜面實驗去比較斜坡角度，結果也約為 35°，於是再進一步選擇不同材質的顆粒，例如：細砂糖，西米露，魚飼料，綠豆，黑豆做實驗。最後我們發現**同一材質的顆粒會形成差不多的斜坡角度**，而且**決定斜坡角度的主要因素與材質本身相關**。

貳、研究動機

六年級上學期「颱風和地震」單元，要做模擬雨水沖刷地表的實驗，我們去找小沙堆時，發現沙堆與水平線自然形成一個固定的角度，老師要我們觀察周圍環境的沙堆是否都會形成一樣的角度？我發現高速公路旁較高的路面與較低的路面，之間的沙堆也都形成一樣的角度，還有同學說計時沙漏的沙每次形成的斜坡角度看起來也差不多。難道沙堆都有固定的角度嗎？如此有趣的現象，讓我們想進一步了解：**同一材質的顆粒是否有相似的斜坡角度？不同材質的顆粒，斜坡角度有何不同？**

教材相關性：自然與生活科技(牛頓板)第六冊-力的世界。

叁、研究目的

一、相同材質的顆粒形成的斜坡角度探討。

（一）、同一高度落下的顆粒形成的斜坡角度。

（二）、不同高度落下的顆粒形成的斜坡角度。

（三）、同一高度，落在不同角度的斜面形成的斜坡角度。

二、不同材質的顆粒形成的斜坡角度探討。

三、相同材質，不同大小的顆粒形成的斜坡角度探討。

肆、研究設備及器材準備

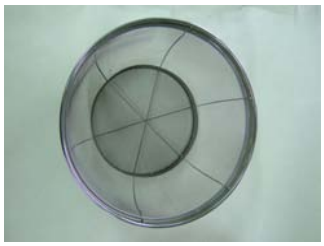
一、研究設備介紹

40 公分高的鐵架、直徑 15 公分的漏斗、長方形塑膠盒三個、白報紙數張、膠帶、美工刀、剪刀、直尺 3 支、彩色粉筆數支、鹽巴 1 包、貓砂 1 包、西米露 3 包、魚飼料(大)、於飼料(小)各 1 罐、綠豆 4 包、黑豆 5 包、數位相機 1 台、量角器、燒杯 6 個、壓克力板、麥克筆、各種孔洞的過篩用具、紗窗網、電子天平、密封袋數個。

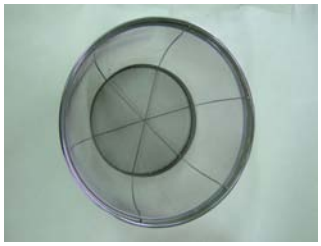
二、器材準備

（一）、說明:因為各種材質間的顆粒還是有些許的差異，為了實驗的準確度，我們利用廚房常見的用具-洗菜濾水網，撈麵勺子，蒸熟食物的蓋子…等(只要具有均勻孔洞的器材)，都被用來篩濾我們的顆粒材質，篩過的每一種顆粒再經過十次的篩濾（我們採取多人多次的實驗，六個人輪流篩濾顆粒)，以求顆粒大小均勻。最後我們將貓砂分成大顆粒貓砂（粗貓砂）與小顆粒貓砂（細貓砂)、大顆粒魚飼料（粗魚飼料）與小顆粒魚飼料（細魚飼料)、顆粒均勻的綠豆、黑豆、西米露，而砂糖與鹽巴因為顆粒過細，並無經過篩選。

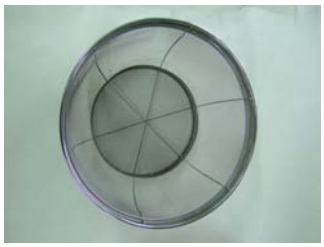
（二）、過程:



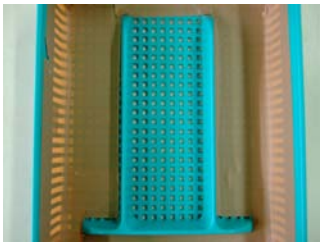
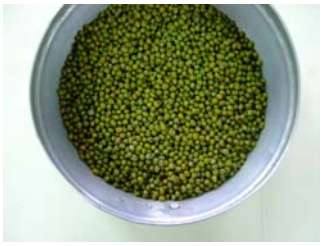
貓砂過篩取能落下者 → 取不能過紗窗網 → 細貓砂



貓砂過篩取不能落下者 → 再過篩取不能落下者 → 粗貓砂

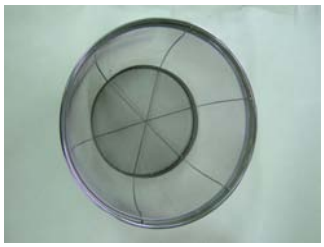


西米露過篩取不能落下者 → 再過篩取能落下者 → 西米露

綠豆過篩取能落下者 → 再過篩取不能落下者 → 綠豆

黑豆過篩取能落下者 → 再過篩取不能落下者 → 黑豆



魚飼料過篩取不能落下者 → 再過篩取能落下者 → 細魚飼料

魚飼料過篩取能落下者 → 再過篩取不能落下者 → 粗魚飼料

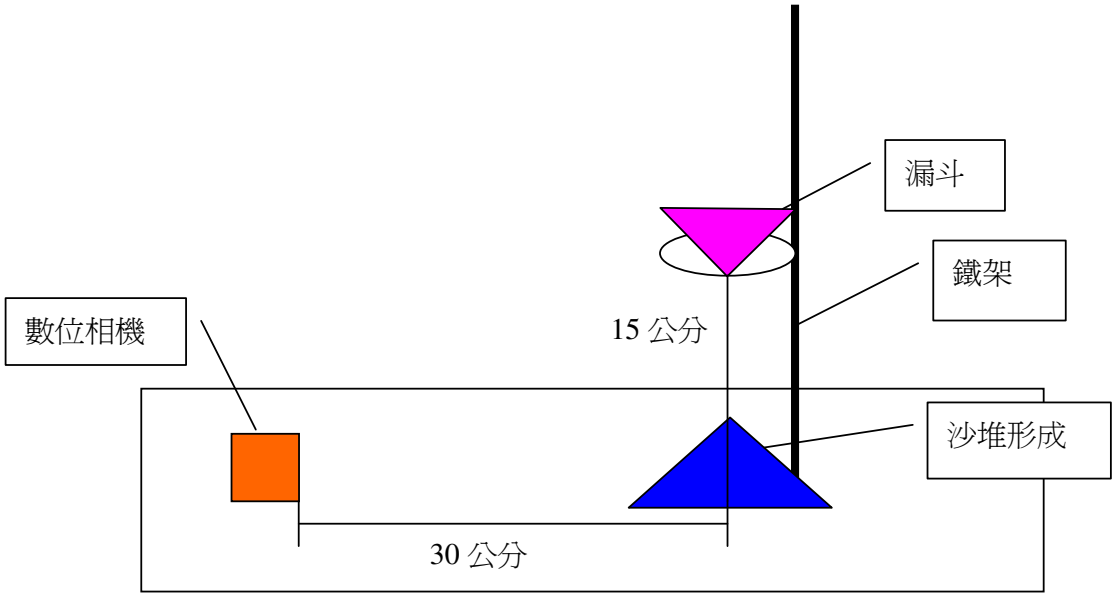
伍、研究過程或方法

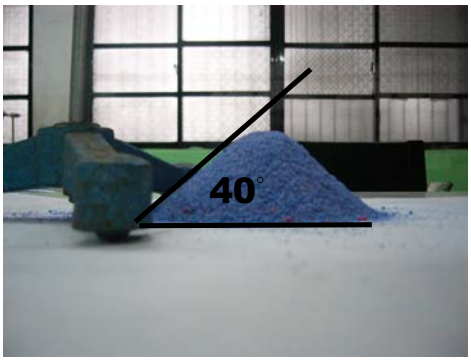
一、相同材質顆粒形成的斜坡角度探討：

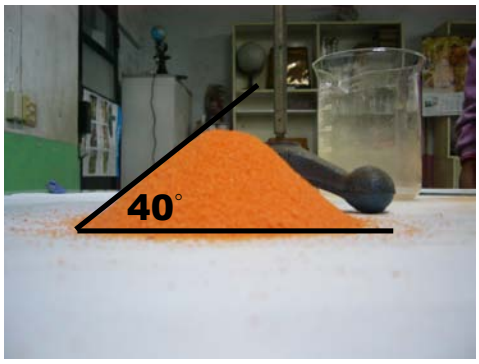
(一)、同一高度落下的顆粒形成的斜坡角度

1. 說明：我們模擬沙堆形成的模式，設計簡單的支架讓鹽巴由同一高度落下，一開始鹽巴的流動性不佳，造成顆粒阻塞在漏斗中，需要敲一敲邊緣才會落下，可能會增加實驗的變數，所以我們加入粉筆灰，變成美麗的彩色沙，因為粉筆灰會吸潮，所以鹽巴的流動性變的很好。

2. 步驟：分二組進行實驗，固定 15 公分的高度，固定鐵架的位置，固定照相機的位置，用電子天平取 300 公克的鹽巴，加入彩色粉筆灰混合均勻，讓鹽巴自然的落下，每組各做 10 次實驗，拍照紀錄角度。



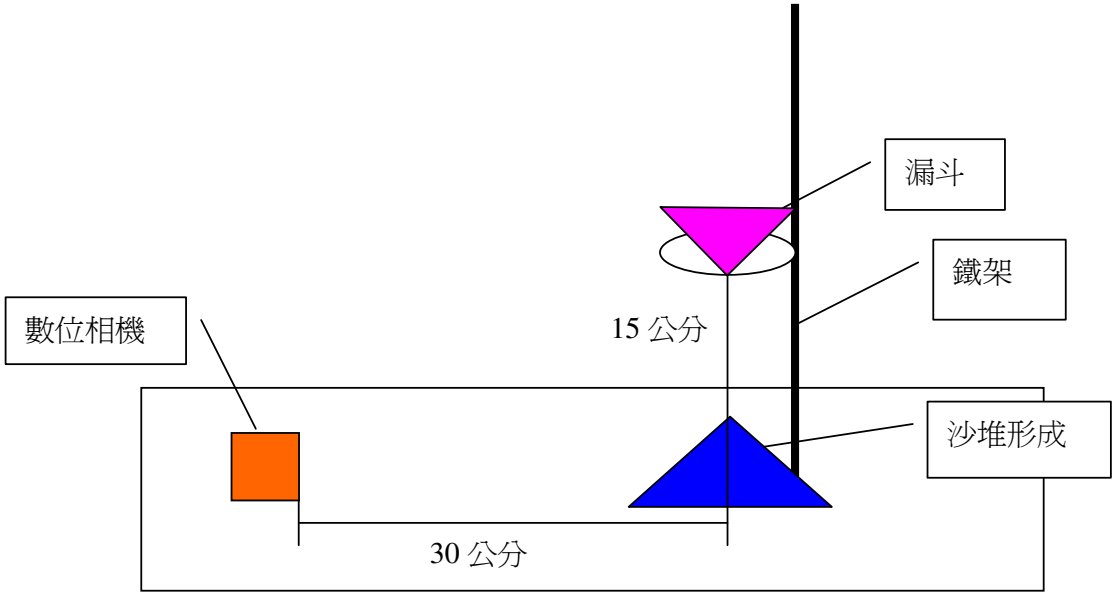


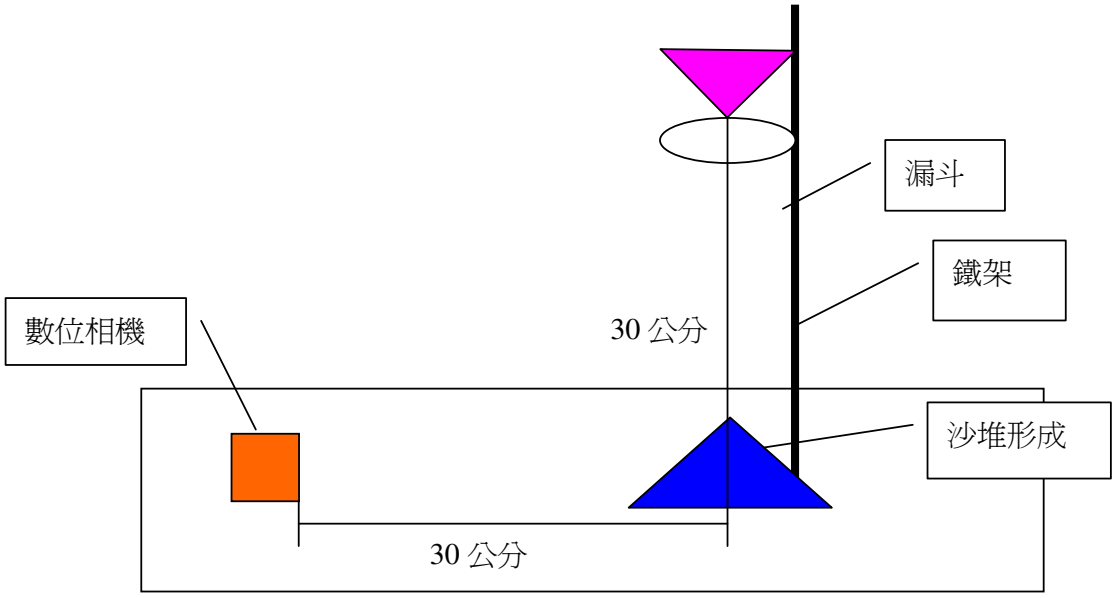


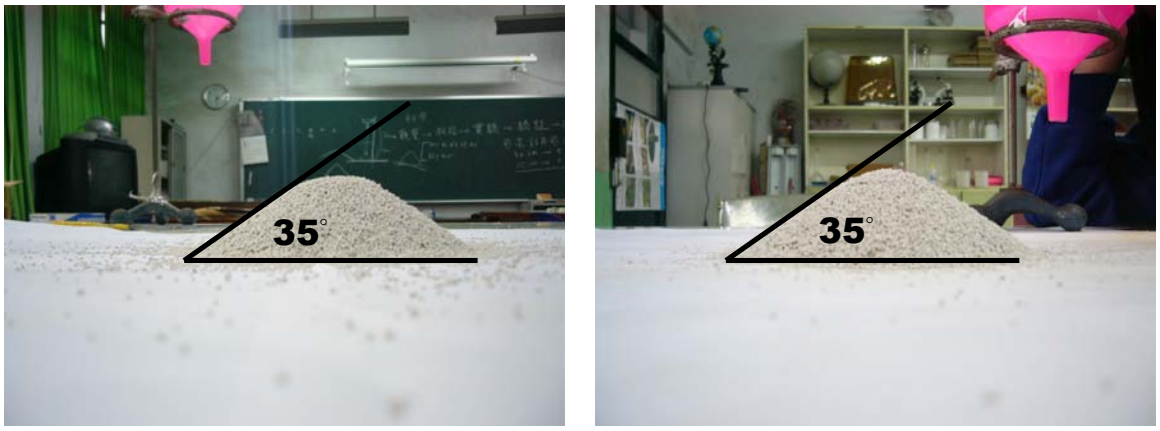
斜坡角度測量示意圖

（二）、不同高度落下的顆粒形成的斜坡角度

1. 說明：由上次實驗發現同樣材質的顆粒，在相同高度落下，形成的斜坡角度大約相同，但是因為鹽巴容易潮濕，我們改用貓砂做實驗，想再了解如果由不同的高度落下，沙子落下的衝力會不同，形成的斜坡角度是否有變化？
2. 步驟：設計 15 公分及 30 公分的高度，用電子天平取 300 公克的細貓砂，每組各做 10 次實驗。拍照紀錄角度，列印結果，使用量角器計算角度，並求平均值。



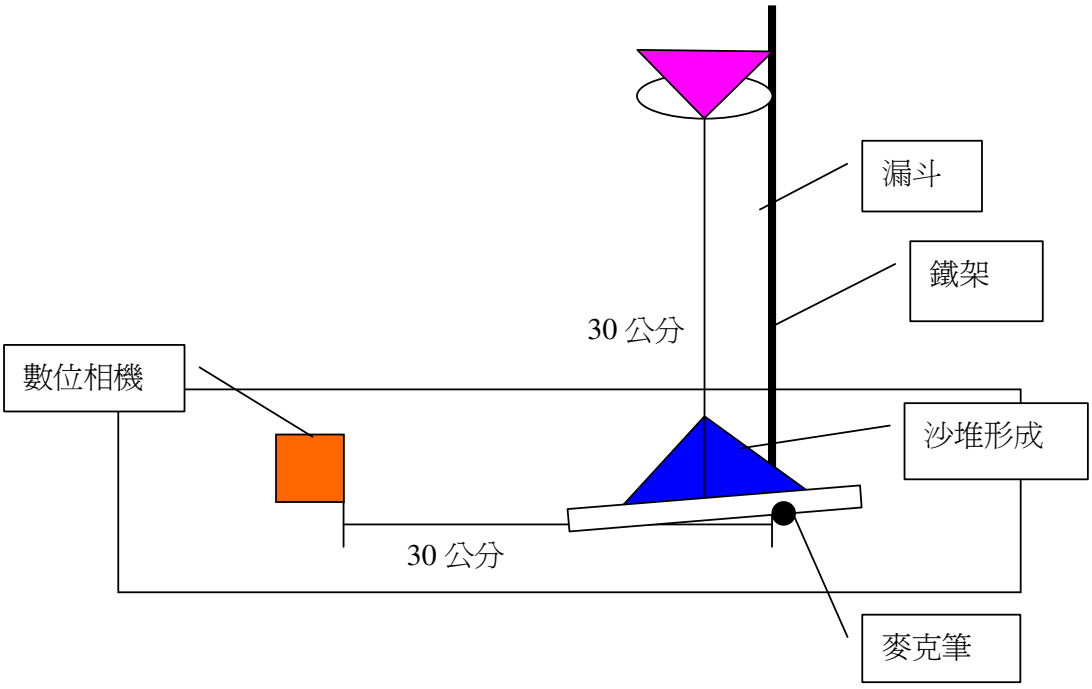




斜坡角度測量示意圖

(三)、同一高度，落在不同角度的斜面形成的斜坡角度

1. 說明：顆粒落在斜面上會滾動，也許所形成的斜坡角度會隨斜面角度而改變，所以我們讓貓砂落在不同角度的斜面上，觀察所形成的斜坡角度是否有變化？
2. 步驟：設計 5°、10°的斜面，利用壓克力板，黏貼麥克筆形成斜面，高度維持在 15 公分下，用電子天平取 300 公克的細貓砂，每組各做 10 次實驗。拍照紀錄角度，列印結果，使用量角器計算角度，並求平均值。



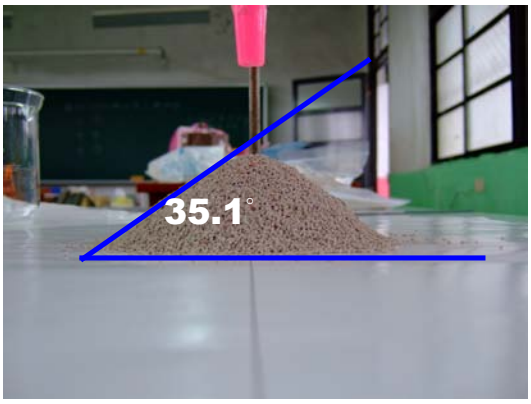
斜坡角度測量示意圖

二、不同材質的顆粒形成的斜坡角度探討：

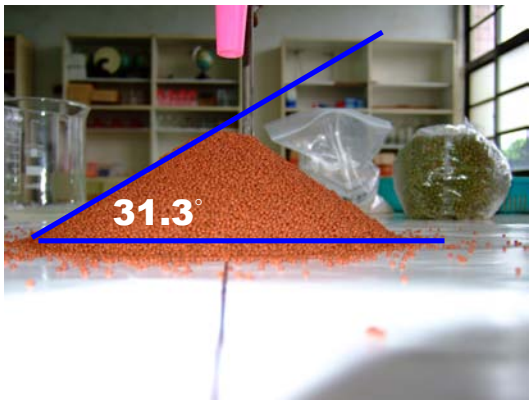
（一）、說明：由之前實驗發現同一種材質由不同高度落下的顆粒，或落在不同的斜面所形成的斜坡角度都差不多，但鹽巴與貓砂形成的斜坡角度卻不同，我們推測斜坡角度跟材質本身有關，於是我們尋找日常生活常見的，具有大小均勻的顆粒材質（例如砂糖、西米露、貓砂，魚飼料，綠豆，黑豆）來進行實驗，看看角度有什麼變化？

（二）、步驟：高度維持在 15 公分，用電子天平取 300 公克的砂糖、西米露、細貓砂，細魚飼料，綠豆，黑豆，每種材質各做 10 次實驗（我們採取多人多次的實驗，六個人輪流秤顆粒的重量及執行實驗）。拍照紀錄角度，列印結果，使用量角器計算角度，並求平均值。

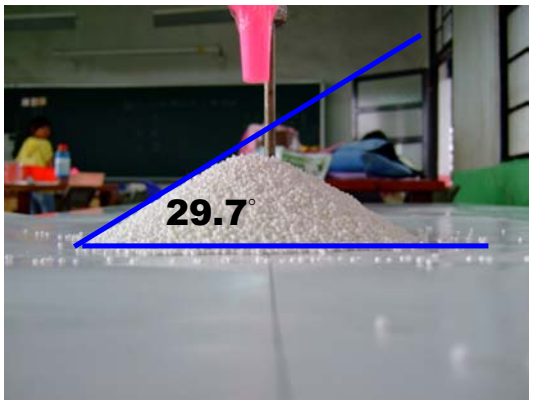
細砂糖



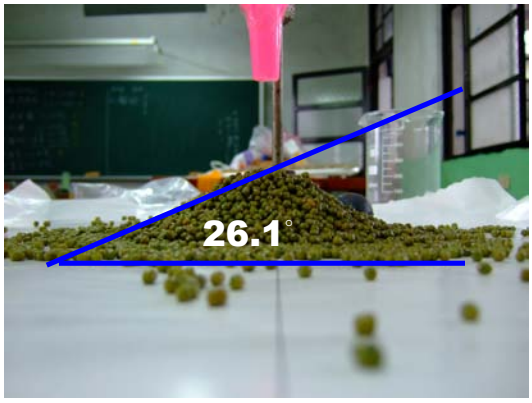
細貓砂



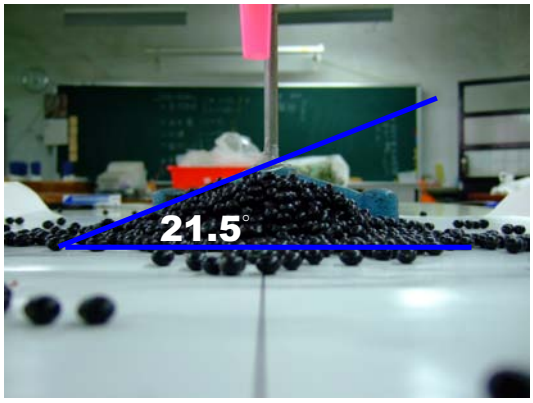
西米露



細魚飼料



綠豆



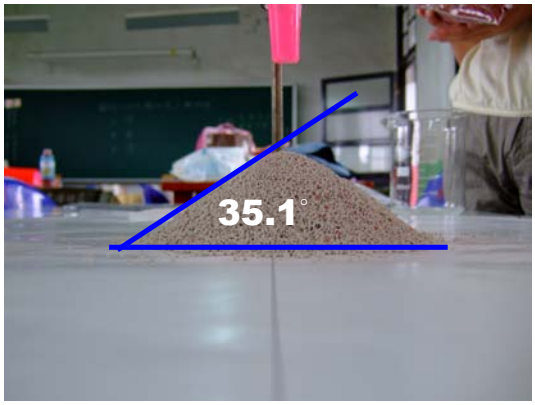
黑豆

斜坡角度測量示意圖

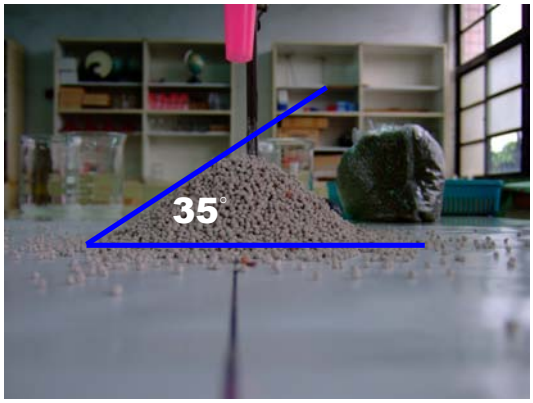
三、相同材質，不同大小的顆粒形成的斜坡角度探討:

（一）、說明：由不同材質的顆粒形成的斜坡角度實驗中，我們發現越大的顆粒（綠豆，黑豆），所形成的斜坡角度較小，令我們很好奇是否顆粒大小會影響斜坡角度？我們選擇較易取得的貓砂，利用過篩可以區分粗及細貓砂，而魚飼料在市面上本來就有細魚飼料及鯉魚吃的粗魚飼料，再經過篩濾成大小均勻的顆粒，進行實驗，看看斜坡角度有何變化？

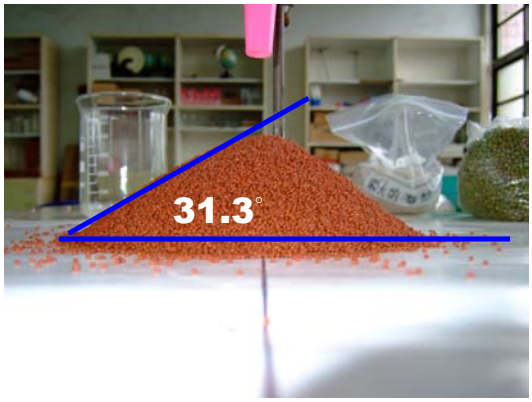
（二）、步驟：高度維持在 15 公分，用電子天平取 300 公克的細貓砂、粗貓砂、細魚飼料，粗魚飼料，每種材質各做 10 次實驗（我們採取多人多次的實驗，六個人輪流秤顆粒的重量及執行實驗）。拍照紀錄角度，列印結果，使用量角器計算角度，並求平均值。



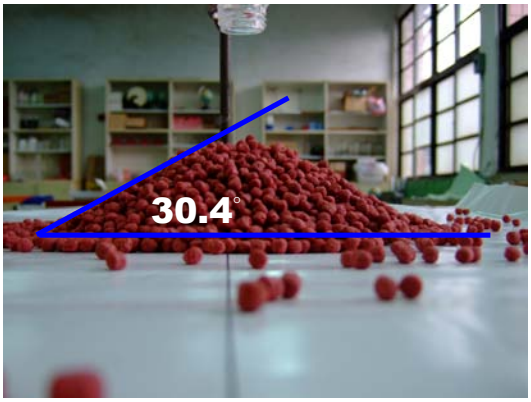
細貓砂



粗貓砂



細魚飼料



粗魚飼料

斜角度測量示意圖

陸、研究結果

一、相同材質的顆粒形成的斜坡角度探討

（一）、同一高度落下的顆粒形成的斜坡角度：（鹽巴）

組＼次	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	平均	標準差
第一組	41°	43°	41°	41°	40°	40°	42°	40°	42°	39°	40.9°	1.19
第二組	40°	40°	40°	40°	41°	42°	43°	40°	42°	43°	41.1°	1.29

（二）、不同高度落下的顆粒形成的斜坡角度：（細貓砂）

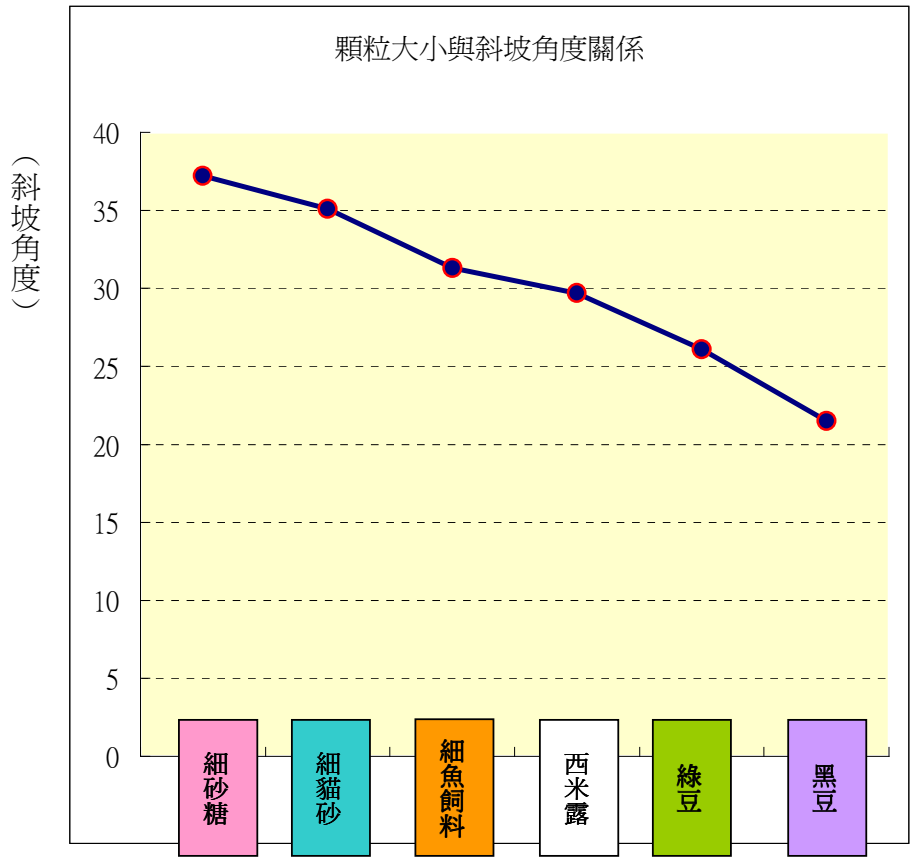
組	高度＼次	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	平均	標準差
第一組	15 公分	35°	34°	36°	37°	32°	36°	36°	34°	36°	35°	35.1°	1.45
	30 公分	35°	35°	38°	37°	36°	38°	35°	38°	35°	36°	36.3°	1.34
第二組	15 公分	35°	35°	35°	34°	36°	36°	34°	35°	32°	36°	34.8°	1.23
	30 公分	35°	40°	35°	36°	37°	36°	35°	35°	34°	35°	35.8°	1.67

（三）、同一高度的顆粒落在不同角度的斜面形成的斜坡角度：（細貓砂）

組	坡度＼次	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	平均	標準差
第一組	5°	35°	35°	34°	35°	36°	35°	35°	37°	35°	32°	35.2°	0.79
	10°	35°	35°	40°	35°	35°	35°	37°	32°	35°	35°	35.4°	2.01
第二組	5°	35°	33°	35°	30°	35°	34°	35°	35°	35°	34°	34.1°	1.6
	10°	40°	35°	33°	32°	35°	36°	35°	35°	32°	35°	34.8°	2.3

二、不同材質的顆粒形成的斜坡角度探討

組 \ 次	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	平均	標準差
細砂糖	37°	37°	33°	38°	38°	40°	32°	40°	38°	39°	37.2°	2.7
細貓砂	35°	34°	36°	37°	32°	36°	36°	34°	36°	35°	35.1°	1.45
細魚飼料	31°	30°	31°	33°	34°	30°	32°	30°	30°	32°	31.3°	2.01
西米露	30°	30°	30°	30°	27°	30°	31°	29°	29°	31°	29.7°	1.34
綠豆	26°	25°	27°	25°	25°	26°	25°	25°	28°	29°	26.1°	1.45
黑豆	23°	21°	23°	18°	21°	23°	22°	23°	22°	19°	21.5°	1.78



三、 相同材質，不同大小的顆粒形成的斜坡角度探討:

組＼次	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	平均	標準差
細貓砂	35°	34°	36°	37°	32°	36°	36°	34°	36°	35°	35.1°	1.45
粗貓砂	35°	32°	36°	35°	33°	36°	35°	36°	36°	36°	35°	1.41
細魚飼料	31°	30°	31°	33°	34°	30°	32°	30°	30°	32°	31.3°	2.01
粗魚飼料	27°	29°	32°	27°	33°	33°	30°	31°	31°	31°	30.4°	2.17

柒、討論

一、相同材質的顆粒形成的斜坡角度探討：

一開始觀察沙堆形成的斜角，每堆沙堆斜坡角度看起來都差不多，所以我們推測同一堆沙自然落下，會有相似的斜坡角度。因為一連好幾天都下雨，在取不到乾燥沙堆的情況之下，我們拿容易取得的材質-鹽巴來做實驗，發現鹽巴形成的斜坡角度約 40°。使用貓砂做實驗，也發現所形成的斜坡角度都差不多為 35°，後來再取細砂糖，西米露，魚飼料，綠豆，黑豆做實驗，均發現同一種材質的顆粒，斜坡角度都有相似的角度。這個現象雖然讓我們很興奮，但也覺得很奇怪，為何同一種材質會有相似的斜坡角度呢？根據我們實驗的數據結果，推論沙堆的角度和沙粒的材質關係最大，其中我們認為摩擦力是關鍵因素，在五年級下學期「力的世界」單元中學到摩擦力，顆粒與顆粒之間有摩擦力，而且摩擦力跟材質相關，**同一種材質會有相同的摩擦力**，所以也可以說明為何同一種材質的顆粒形成的斜坡角度會差不多。

二、不同高度，同一材質的顆粒形成的斜坡角度探討：

當我們發現同一材質的顆粒會有相似的斜坡角度時，也在懷疑如果由較高的高度落下，應該會有較大的衝力，那斜坡角度應該會較緩才對，所以我們就試試不同高度落下顆粒，看看斜坡角度的變化。結果在 30 公分及 15 公分落下，形成的斜坡角度都差不多，由

此，我們初步認為斜坡角度與高度關係不大。但是由於鐵架高度受限，我們並沒有嘗試更高的高度落下。是否更大的衝力會將斜坡角度破壞？這問題可以留待以後再來探討！在實驗數據上，由二組做 10 次實驗中，會有一次實驗數據差異較大，我們認為可能是人為操作的問題，由實驗次數的增加可以把人為操作的影響降低。

三、不同角度的斜面，同一材質的顆粒形成的斜坡角度探討：

顆粒落在斜面上會滾動，也許所形成的斜坡角度會隨斜面角度而改變，我們推測斜面越大，斜坡角度可能會越小，使用細貓砂做實驗， 貓砂落在水平面的斜坡角度是 35°，但結果令我們覺得神奇，斜面加上斜坡角度還是維持在 35°左右！不過是否更大的斜面角度會改變斜坡角度？幾度的斜面才會對斜坡角度產生影響？這些也是日後我們很想探討的問題。

四、不同材質的顆粒形成的斜坡角度探討：

我們發現鹽巴顆粒最小，形成的斜坡角度為 40°，貓砂顆粒較大，形成的斜坡角度較小 35°。由這個現象，我們猜想顆粒越大，斜坡角度會越小，顆粒越小，斜坡角度會越大。所以實驗中使用 15 公分的高度讓顆粒落下，因為我們發現越高的角度，綠豆和黑豆會滾走，較不易操作，而且先前實驗中 15、30 公分的高度落下並不會影響斜坡角度，所以我們均使用 15 公分的高度來做實驗。結果發現越大的顆粒，斜坡角度真的越小！如果我們所做的結果是對的，那又是什麼原因造成的？經過討論，我們發現綠豆和黑豆的斜坡角度較小，他們的外表都較為光滑，較光滑的表面摩擦力較小，所以形成的斜坡角度較小。另外綠豆和黑豆比較接近橢圓形，沙粒的形狀影響斜坡角大小的程度又是如何呢？這一連串有趣的問題我們將留待日後研究！

五、相同材質，不同大小的顆粒形成的斜坡角度探討:

我們選擇六種材質，顆粒形狀較接近圓形者來做實驗，發現同一種材質有相似的斜坡角度，更有趣的是斜坡角度居然依照顆粒大小有次序的排列，顆粒大小的排列： 細砂糖＜

細貓砂＜細魚飼料＜西米露＜綠豆＜黑豆，而角度也依序為 37.2°＞35.1°＞31.3°＞29.7°＞26.1°＞21.5°，這個現象讓我們推想顆粒大小是否會影響斜坡角度？但因為此次實驗中有兩個操作變因---材質與顆粒大小，我們必須使實驗只有一項操作變因，也就是同樣材質的貓砂或是魚飼料，應該具有相同摩擦力，顆粒大小就成為實驗中的操作變因。結果發現粗貓砂與細貓砂所形成的斜坡角度都差不多為 35°，而粗魚飼料與細魚飼料所形成的斜坡角度都差不多為 31°，看起來在這個實驗中，顆粒的大小對斜坡角度的影響不大，這樣也可以說明同樣材質有相同摩擦力，**而斜坡角度受磨擦力的影響最大！**

捌、結論

一、同一材質的顆粒由同一高度落下，所形成的斜坡角度相似。

二、不同高度落下（15 公分，30 公分）並不影響同一材質的顆粒形成的斜坡角度。

三、不同角度的斜面（5°及 10°）並不影響同一材質的顆粒形成的斜坡角度。

四、同一材質，顆粒大小不同並不影響顆粒形成的斜坡角度。

五、顆粒所形成的斜坡角度主要受到材質摩擦力的影響。

玖、參考資料及其他

牛頓出版社（民 94）：國民小學自然與生活科技教科書。臺北 ：牛頓。

生活中的物理 http://www.phy.ntnu.edu.tw/moodle/mod/resource/view.php?id=74

【評　語】　081510　天地一沙間

1. 兒童的研究精神頗佳。

2. 研究的內容可以再增加一點創意，則會更佳。

3. 實驗組別宜再增加，可增強實驗的客觀性。