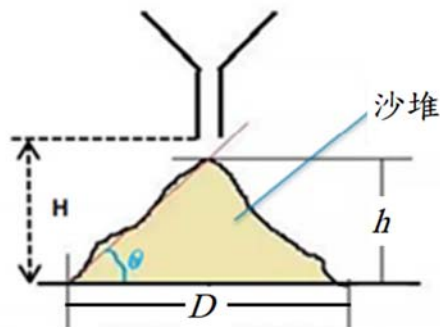


109 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽  
第 5 區複賽物理科實驗試題第二題參考解

一、實驗原理

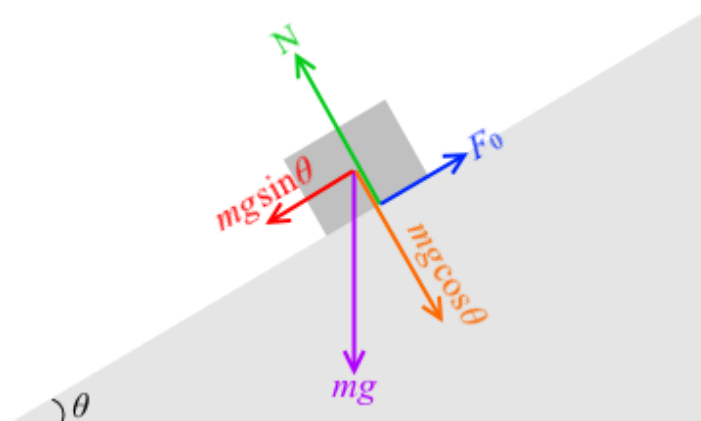
讓沙粒自漏斗口全部不斷漏下堆成沙堆，中途沙堆崩塌現象後，漏出於紙面堆成圓錐狀沙堆，此圓錐體的最大高度為  $h$ ，圓錐體的直徑最大值为  $D$ ，錐體邊緣的沙粒受力如圖一所示，圖中此沙粒的質量為  $m$ ，沙堆斜面與水平面的夾角為  $\theta$ ，沙粒間的摩擦係數為  $\mu$



圖一

由圖一可看出

$$\tan \theta = h / (D/2) = 2 h / D \dots \dots \dots \text{式(1)}$$



圖二

則靜止在此錐體邊緣的沙粒受力的關係如圖二所示，因此

$$mgsin \theta - \mu mgcos \theta = 0$$

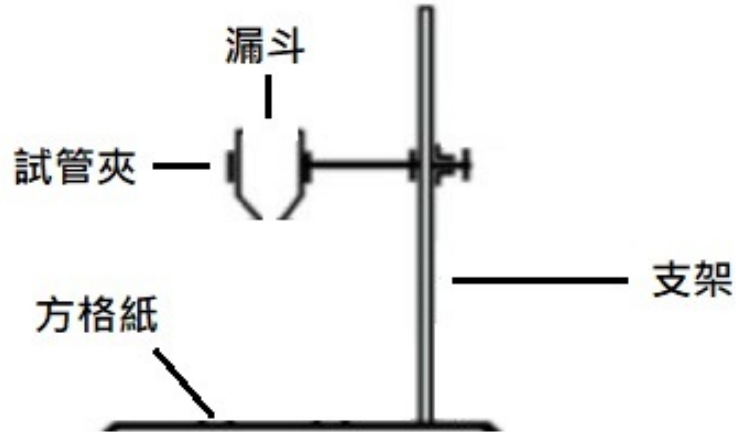
$$\rightarrow \mu = mgsin \theta \div mgcos \theta = \tan \theta \dots \dots \dots \text{式(2)}$$

所以只要量出此圓錐體的最大高度  $h$  與圓錐體的直徑最大值为  $D$ ，配合以上兩關係式，就可以求出其摩擦係數

$$\mu = 2 h / D$$

## 二、實驗裝置圖與步驟

1. 將試管夾架在支架上，取一塊厚紙板做成底部開口之圓錐狀的漏斗，將其放在上面做成可上下調整高度的漏斗架，然後放在方格紙上，如圖三所示。



圖三

2. 將待測物細糖放入漏斗中，調整底部開口大小及漏斗離紙面之高度，使糖能全部自由落出於紙面上形成沙堆，且不會漏出途中阻塞或四處彈跳。
3. 以膠帶固定並保持此漏斗底部開口大小，漏斗離紙面高度於此附近小範圍變化，由此讓細糖從漏斗中全部自由漏出，測出錐體的高度  $h$  與錐體的最大直徑  $D$  之值。
4. 由這些數據配合計算，找出待測物細糖的摩擦係數。

## 三、數據紀錄與分析

1. 實驗時發現細糖能全部自由落於紙面時，漏斗底部開口直徑：  
橫方向=4.5(mm)，縱方向=4.5(mm)，以下以此開口大小之漏斗測量
2. 使用 1 包細糖(共 100 公克)的摩擦係數測量：

漏斗口離紙面高度 (cm)		5.50	6.10	7.00	7.60	8.10
錐體的最大直徑	$D_1$ (cm)	10.30	10.50	10.50	10.40	10.30
	$D_2$ (cm)	10.40	10.40	10.40	10.50	10.40
	平均值 (cm)	10.35	10.45	10.45	10.45	10.35
錐體的高度 $h$ (cm)		4.10	4.10	4.00	4.10	4.00
$\mu = h/(D/2) =$		0.79	0.78	0.77	0.78	0.77

摩擦係數平均值=0.78

3. 使用 2 包細糖(共 200 公克)的摩擦係數測量：

漏斗口離紙面高度 (cm)		5.30	5.70	5.80	6.30	7.60
錐體的 最大直 徑	$D_1$ (cm)	13.50	13.30	13.10	13.50	13.30
	$D_2$ (cm)	13.50	13.40	13.10	13.50	13.60
	平均值 (cm)	13.50	13.35	13.10	13.50	13.45
錐體的高度 $h$ (cm)		4.80	4.80	4.70	4.80	4.80
$\mu = h/(D/2) =$		0.71	0.72	0.72	0.71	0.71

摩擦係數平均值=0.71

#### 四、結果與討論

1. 實驗結果找出待測物細糖的摩擦係數，以 100 公克測量時為 0.78，以 200 公克測量時為 0.71。
2. 漏斗底部開口若太小時，細糖未全部自由落下就會塞住並不合適；漏斗底部開口若太大時，細糖落下紙面初期會四處彈跳也不合適。
3. 漏斗離紙面高度若太低時，細糖未全部漏下就會碰到漏斗底部並不合適；漏斗離紙面高度若太高時，細糖落下紙面衝擊太大會四處彈跳也不合適。
4. 漏斗放在試管口時必須使細糖落下的方向垂直紙面，否則形成之錐體底部容易變成橢圓不成正圓，會對實驗結果明顯造成誤差。
5. 讀取錐體高度時視線務必平行地平面，以免高度值造成誤差。可以利用規格相同的兩支直尺，藉助高度值附近相同的刻度輔助視線水平後讀取讀數。
6. 將細糖置入漏斗讓其自由落下時，若不敢迅速全部置入而慢慢放入時，細糖漏下初期會四處彈跳甚至最後形成之錐體底部不成正圓，對實驗結果造成誤差。
7. 若環境潮濕可能造成細糖結塊不易自始至終全程自由落下，對實驗結果也有影響，是必須在實驗前處理妥當注意的項目。