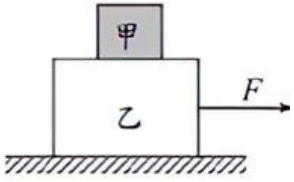
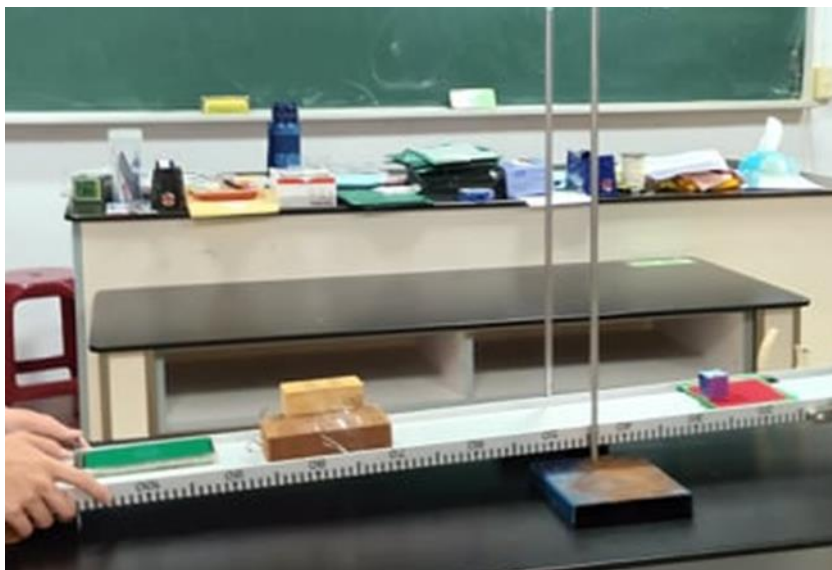


## 2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

### 普高組 成果報告表單

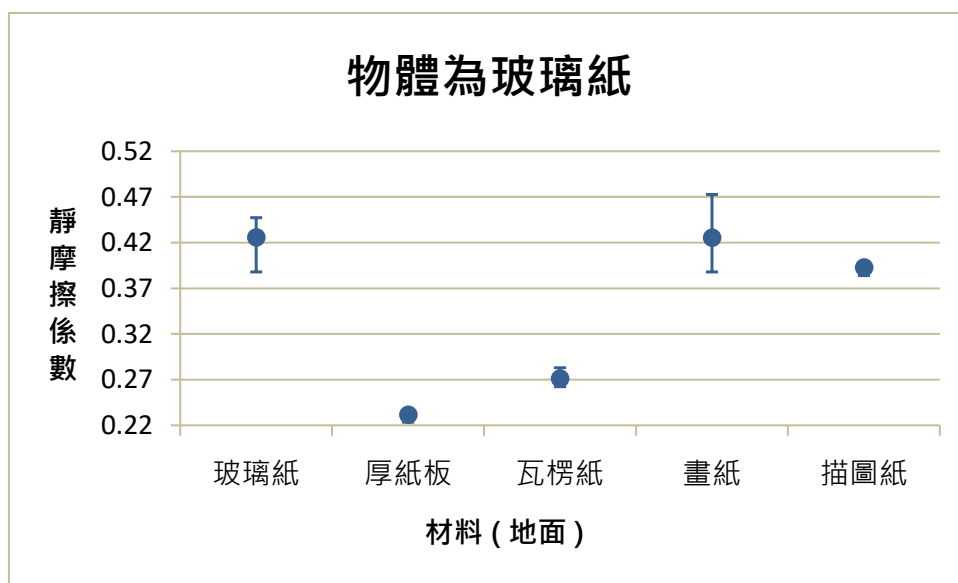
<b>題目名稱：</b> 從一個摩擦力問題談起
<b>一、摘要</b> 本實驗是利用課本中測量靜摩擦係數的方法，搭配 Bubble Level 手機軟體進行角度分析，利用所得的數據分析、歸納整理其規律性，經實驗後我們可以得知，第一，決定摩擦係數的並非只有地面材質，物體材質也是決定最終摩擦係數的因素之一。第二，當上（物體）下（地面）材質互換時，地面的材質對最終組合摩擦係數的貢獻較大。
<b>二、探究題目與動機</b> 在學習高二選修物理摩擦力單元時看到了這個題目，好奇問老師為什麼題目是給甲、乙間的摩擦係數，不是分別給甲和乙的摩擦係數，如果分別給甲和乙的摩擦係數有辦法計算嗎？老師就建議我們用生活中常見的材料進行實驗看看，並嘗試推論結果。  甲物體質量 $2m$ ，乙物體質量 $3m$ ，置於光滑水平地面，施一向右之水平力 $F$ 於乙物體，如右圖所示，則(a)若所有接觸面完全光滑，則甲物體加速度為何？(b)若甲、乙間之靜摩擦係數 $\mu_s=0.5$ ，動摩擦係數 $\mu_k=0.4$ ，欲保持甲、乙間無相對滑動則 $F$ 最大為若干？(c)承(b)，若水平施力 $F$ 為 $8mg$ ，則乙物體之加速度為？

<b>三、探究目的與假設</b> (1)探討物體材質對各種地面摩擦係數的影響。 (2)探討物體材質和地面材質上下交換對摩擦係數的影響。
<b>四、探究方法與驗證步驟</b> <b>一、實驗流程</b> 我們將魔術方塊（下左圖）六個面貼上不同材質的紙，並在滑車軌道（下右圖）上使用魔鬼氈固定瓦楞板，瓦楞板上再貼上不同材質的紙當作地面材質，不斷地更換物體材質和地面材質測量摩擦係數十次取平均，測量摩擦係數的原理如下： 設物體質量為 $m$ ，物體運動瞬間斜面傾斜角度為 $\theta$ ，則平行斜面的分力為 $mg\sin\theta$ ，垂直斜面的分力為 $mg\cos\theta$ ，由牛頓第二運動定律，當摩擦力和重力沿斜面分力作用到同一條

直線上，在物體準備下滑時，物體所受重力的分力和物體所受的摩擦力的合力為零，則此時的傾斜角度稱為靜摩擦角。此時的物體與地面的靜摩擦係數即為  $\tan\theta$ 。

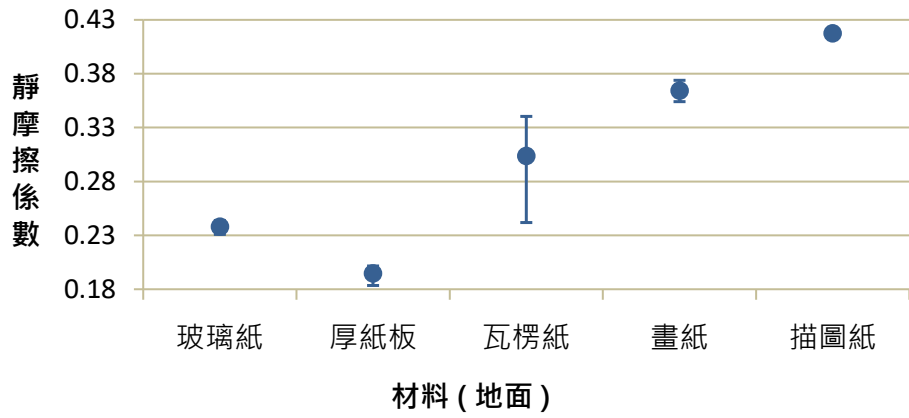


#### 實驗一、物體材質對摩擦係數有影響

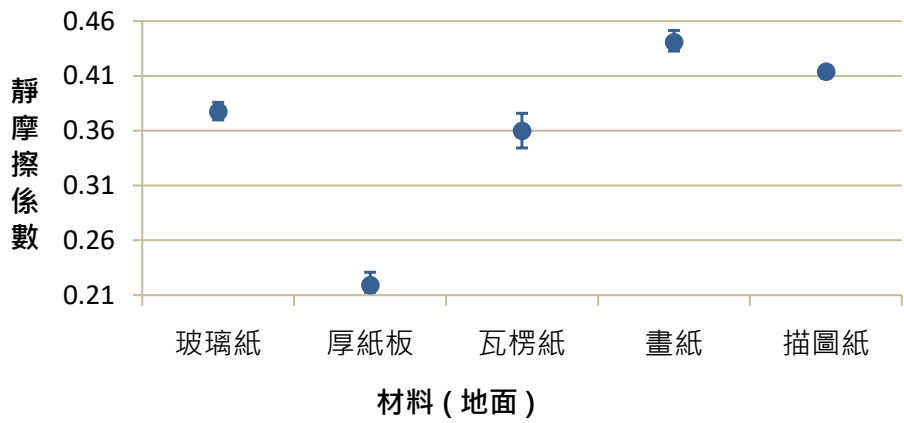
我們嘗試去把地面材質改變，物體材質改變，探討組合摩擦係數是否有變化，來確認是否物體材質也是影響摩擦係數的原因之一，發現在地面材質固定時，物體材質改變，摩擦係數跟著改變結果與一般物理題目假設物體材質固定，改變地面材質，摩擦係數不同的結果一致。



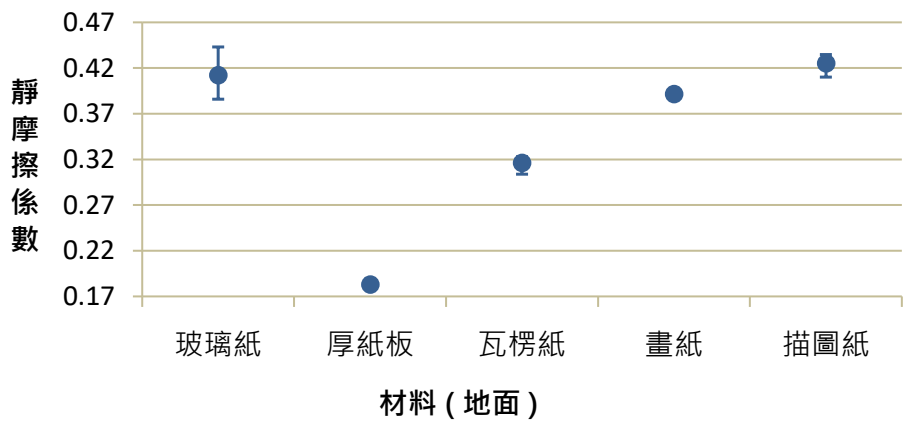
### 物體為描圖紙

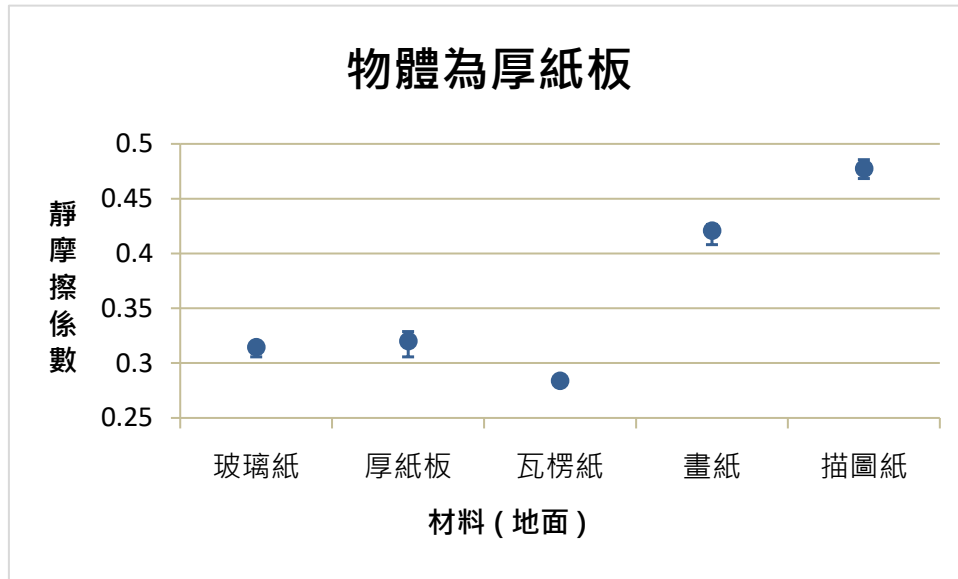


### 物體為瓦楞紙



### 物體為畫紙

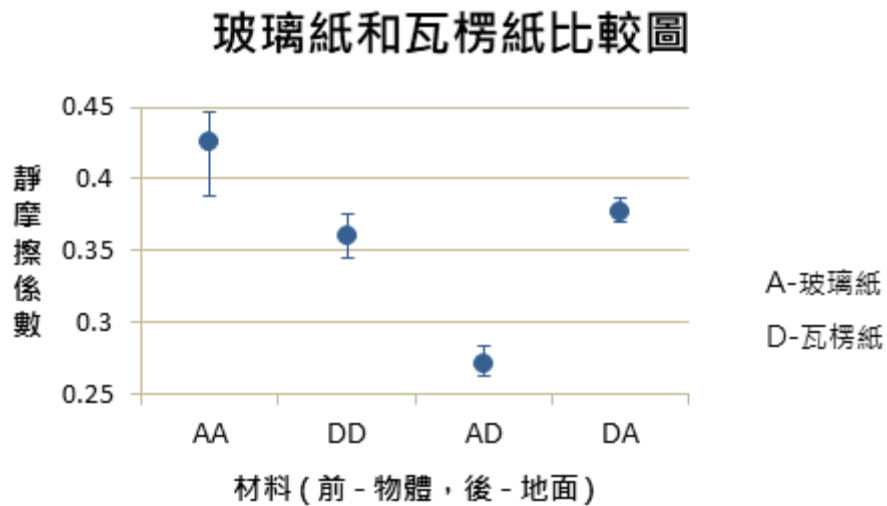




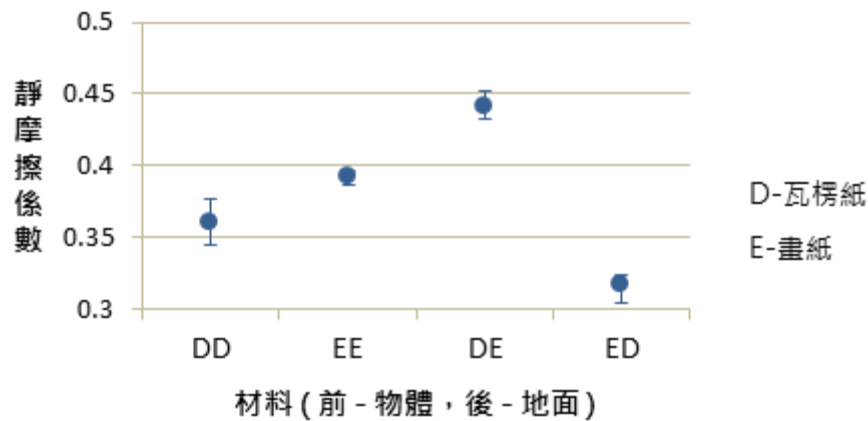
**實驗二、兩相異材質分別當地面及物體材質，對組合摩擦係數的影響**

發現在物體材質和地面材質上下交換時以粗糙材質當地面時，組合摩擦係數會比以粗糙材質當物體時摩擦係數還大，也就是說地面材質對摩擦係數貢獻較大。

材質代號 A：玻璃紙、C：描圖紙、D：瓦楞紙、E：畫紙、F：厚紙板



## 瓦楞紙和畫紙比較圖



推論的方法如下：

我們進一步計算出，以 CD (C 為物體) 為基準，其靜摩擦係數為 0.3038，假設摩擦力全由 C、D 兩種接觸材質線性組合而成，可得出以下公式：

$$\text{令} \quad a + b = 1, a' + b' = 1$$

則：

$$CD = a CC + b DD$$

$$0.3038 = 0.1947 a + 0.3597 b$$

$$a = \frac{559}{1650}, b = \frac{1091}{1650}$$

C (描圖紙) 為物體，D (瓦楞紙) 為接觸面，推導得 DD (接觸面) 的摩擦貢獻比 CC (物體) 來的大。

$$DC = a' CC + b' DD$$

$$0.2191 = 0.1947 a' + 0.3597 b'$$

$$a' = \frac{703}{825}, b' = \frac{122}{825}$$

D (瓦楞紙) 為物體，C (描圖紙) 為接觸面，推導得 CC (接觸面) 的摩擦貢獻比 DD (物體面) 來的大。

## 五、結論與生活應用

### 一、 結論

- (1) 在物體和地面接觸時，組合摩擦係數和兩者各別的摩擦係數有關。
- (2) 當物體和地面材質上下交換，組合摩擦係數會改變，且地面材質越粗糙，組合摩擦係數越大。

### 二、 生活應用

- (1) 在不同的運動場地可以更換不同的球鞋，若運動需要摩擦力建議在摩擦係數比較大的場地，世界級賽事若要維持公平性，必須明訂地面磨擦係數的上下限。
- (2) 在工業設計中若產品摩擦力是缺點，可以考慮把摩擦係數比較小的材料設計在下方，對整體摩擦力有下降的優勢。

## 參考資料

- 一、 鄭劭家 微觀尺度下的摩擦力定律。
- 二、 江玉蔡、相子元 ( 2004 ) 國內常見拔河鞋之摩擦係數比較。
- 三、 Dahl and Coulomb Analysis of longitudinal tangential contact vibration effect on friction force using Coulomb and Dahl models ( 2008 ) 。