

# 滑 動 摩 擦

## 國中組物理第一名

嘉義縣立玉山國民中學

作 者：張素芳 許美容  
洪華娟 邱婷瑛  
許富美  
指導老師：林 滄 浪

### 一、研究動機：

去年五月三十日在談文車站所發生的大車禍，據當時的報紙報導，特快車的司機發見前方軌道上停着快車時，即時刹車，但因衝力太大，火車滑行了一段距離也不能停止，而迎面相撞的。目前交通發達，車速又快，我們常常看到在路上快速行駛的汽車、機車，緊急刹車滑行留下的黑色痕跡。我們曾經經驗過，在雨天路滑，或在路上踩到香蕉皮滑倒的現象。此外以鋼筆、鉛筆、毛筆寫字等都是滑動摩擦，這種滑動摩擦，在我們生活中關係很深，但在物理課程，摩擦力單元，只提到最大靜摩擦而已。爲了多了解摩擦現象，我們做此研究。

### 二、研究內容：

#### (一)實驗器具的製作

滑動摩擦有快慢，測定時也需要一段時間，所以利用測定最大靜摩擦力的器具是不能的。我們用電唱機的變速，作爲相對速度的快慢。又利用鬧鐘發條及舊電錶製成測定秤（圖一，見後面彩色照）。測定時爲了消除指針的左右擺動，用水作緩衝，盡量除去由滑動摩擦以外的因素而引起的現象。

#### (二)測定器的轉移角換算爲力的方法

1 把力臂的木條調整在水平位置，記錄角的度數。

2. 如圖二（見後面彩色照）在力臂  $11\text{cm}$  處（測定時牽物體的位置）掛  $10\text{g}$  砝碼，再調整木條在水平位置，記錄角的度數。

3. ②測定的度數減去①測定的度數除以  $10\text{g}$ ；等於  $1\text{gw}$  力的度數。我們所作的秤，度數  $8.5^\circ$  為  $1\text{gw}$ 。

(三) 力臂  $11\text{cm}$  圓周上的相對速度

$$78 \text{ 轉 } \quad 22\text{cm} \times 3.14 \times 78 = 5250.08 \text{ cm/分} = 87.50 \text{ cm/秒}$$

$$45 \text{ 轉 } \quad 22\text{cm} \times 3.14 \times 45 = 3108.60 \text{ cm/分} = 51.61 \text{ cm/秒}$$

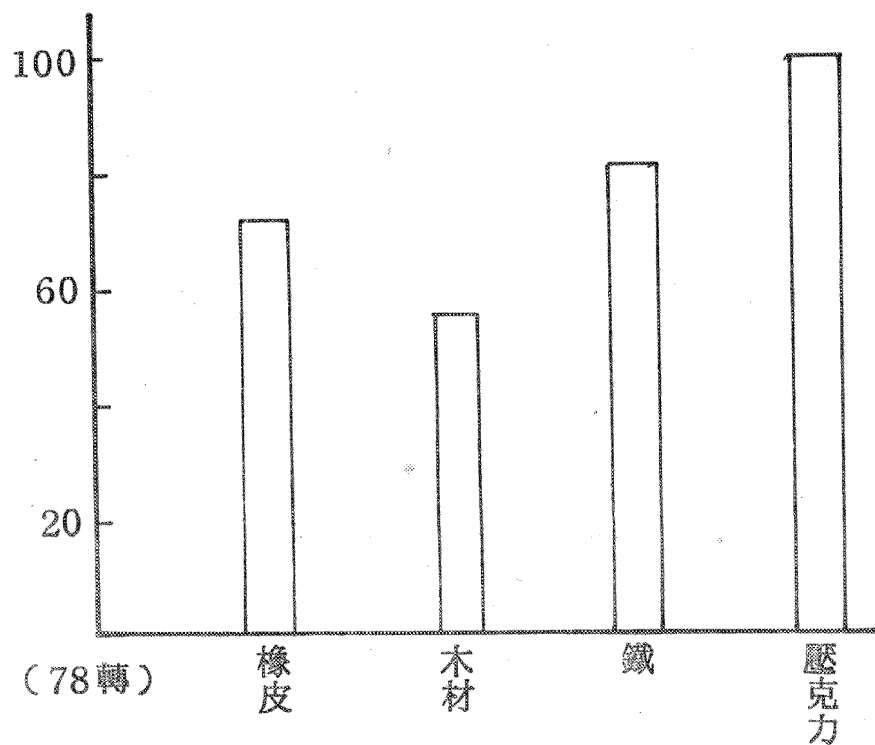
$$33 \text{ 轉 } \quad 22\text{cm} \times 3.14 \times 33 = 2279.64 \text{ cm/分} = 37.99 \text{ cm/秒}$$

$$16 \text{ 轉 } \quad 22\text{cm} \times 3.14 \times 16 = 1105.28 \text{ cm/分} = 18.42 \text{ cm/秒}$$

(四) 測定及結果

1. 接觸面物體種數不同，對滑動摩擦的影響

實驗方法：在長方體（ $3\text{cm} \times 2\text{cm} \times 2\text{cm}$ ）的木塊各面上，分別貼着鐵、壓克力、橡皮，在電唱機上的轉板，滑動測定（圖一）。



滑動摩擦（鐵面）  $30\text{g} : 6\text{cm}^2$  度數 = 移轉角

| 滑體 \ 轉速 | 78         | 45         | 33         | 16         |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 橡 皮     | 73° ~ 75°  | 65° ~ 72°  | 63° ~ 70°  | 55° ~ 75°  |
| 木 材     | 58° ~ 60°  | 55° ~ 62°  | 56° ~ 63°  | 48° ~ 58°  |
| 鐵       | 70° ~ 73°  | 64° ~ 65°  | 55° ~ 62°  | 46° ~ 55°  |
| 壓 克 力   | 96° ~ 102° | 95° ~ 100° | 98° ~ 105° | 85° ~ 103° |

註：相對速度愈快，擺動角愈小。

結論：接觸面兩物體種類不同，滑動摩擦不同。

## 2. 接觸面的垂直重量對滑動摩擦的影響

垂直重量與滑動摩擦（鐵—鐵） $6\text{ cm}^2$

| 重量 \ 轉速 | 78  | 45  | 33      | 16      | 換算馬力   | 係 數   |
|---------|-----|-----|---------|---------|--------|-------|
| 25 g    | 45° | 46° | 42°~47° | 40°~50° | 5.3 gw | 0.21  |
| 30 g    | 52° | 52° | 47°~53° | 44°~56° | 6.6 gw | 0.20  |
| 35 g    | 59° | 61° | 54°~61° | 50°~63° | 6.9 gw | 0.197 |
| 40 g    | 68° | 68° | 60°~69° | 55°~70° | 8.0 gw | 0.20  |

滑動摩擦係數

$$5.3\text{g} \div 25\text{g} = 0.21 \quad 6.6\text{g} \div 30\text{g} = 0.20$$

結論：重量增加，滑動摩擦力增加，但摩擦係數相等，故摩擦的大小，視摩擦係數就可。

各種物質的滑動摩擦係數

| 滑體 \ 面 | 鐵    | 壓克力  | 水泥   | 柏油   |
|--------|------|------|------|------|
| 橡皮     | 0.29 | 0.48 | 0.42 | 0.47 |
| 木材     | 0.23 | 0.44 | 0.33 | 0.30 |
| 鐵      | 0.20 | 0.40 | 0.21 | 0.24 |
| 壓克力    | 0.41 | 0.34 | 0.32 | 0.40 |

由上表橡皮在各面上的滑動摩擦最大，鐵最小。壓克力面對各物質摩擦最大，鐵最小。

3. 接觸面積對滑動摩擦的影響

接觸面積與滑動摩擦  
(鐵-鐵) 25g

| 面積 \ 轉速           | 78  | 45  | 33  |
|-------------------|-----|-----|-----|
| 4 cm <sup>2</sup> | 45° | 45° | 46° |
| 6 cm <sup>2</sup> | 45° | 45° | 45° |
| 9 cm <sup>2</sup> | 45° | 45° | 46° |




接觸面積與滑動摩擦  
(柏油面-鐵) 25g

| 面積 \ 轉速           | 28  | 45  | 33  |
|-------------------|-----|-----|-----|
| 4 cm <sup>2</sup> | 55° | 55° | 54° |
| 6 cm <sup>2</sup> | 55° | 55° | 55° |
| 9 cm <sup>2</sup> | 56° | 56° | 55° |




結論：接觸面積的大小與滑動摩擦大小無關。

4. 接觸面的粗滑對滑動摩擦的影響

面的粗滑與滑動摩擦  
(壓克力-橡皮) 6cm<sup>2</sup> : 20g

| 面狀 \ 轉速  | 78  | 45  | 33      |
|--|-----|-----|---------|
| 斜紋  | 78° | 78° | 85°~90° |
| 橫紋  | 80° | 82° | 75°~85° |
| 直紋  | 70° | 73° | 70°~84° |
| 平滑   | 78° | 78° | 73°~82° |

面的粗滑與滑動摩擦  
(鐵-橡皮) 6cm<sup>2</sup> : 20g

| 面狀 \ 轉速  | 78  | 45  | 33  |
|--|-----|-----|-----|
| 斜紋   | 44° | 43° | 42° |
| 橫紋  | 44° | 42° | 44° |
| 直紋  | 43° | 43° | 45° |
| 平滑   | 32° | 32° | 34° |

結論：粗面的摩擦力大，但壓克力—橡皮無顯著的影響。

### 5. 溫度對滑動摩擦的影響

實驗：(1)供試體：鐵面—鐵。接觸面積— $6\text{ cm}^2$

相對速度  $87.50\text{ cm/秒}$  重量  $25\text{ g}$

(2)用吹風機加溫。室溫  $75^\circ \sim 80^\circ$ ，加溫後  $50^\circ \sim 55^\circ$

(3)供試體：壓克力—壓克力

室溫  $29^\circ \sim 31^\circ$  加溫後  $30^\circ \sim 35^\circ$

結論：溫度對滑動摩擦有影響，加溫後硬度不易變的鐵降低，硬度易變的壓克力升高。

### 6. 接觸面有水，對滑動摩擦的影響

接觸面的水與滑動摩擦  
(數字是係數)

接觸面的水與滑動摩擦  
 $6\text{ cm}^2 : 30\text{ g}$

| 鐵面對 | 係數   | 有水分  | 積水   | 壓克力面 | 係數   | 有水分係數  | 積水係數 |
|-----|------|------|------|------|------|--------|------|
| 橡皮  | 0.29 | 0.78 | 0.70 | 橡皮   | 0.48 | 1.41以上 | 0.25 |
| 木材  | 0.23 | 0.70 | 0.10 | 木材   | 0.44 | 0.98   | 0.25 |
| 鐵   | 0.20 | 0.62 | 0.12 | 鐵    | 0.40 | 1.41以上 | 0.25 |
| 壓克力 | 0.41 | 0.67 | 0.7  | 壓克力  | 0.34 | 1.20以上 | 0.25 |

結論：少量水分，滑動摩擦增加，但大量水（即兩接觸面間有水分子介在），使滑動摩擦減少，且不穩定。

### 7. 接觸面有砂粒，對滑動摩擦的影響

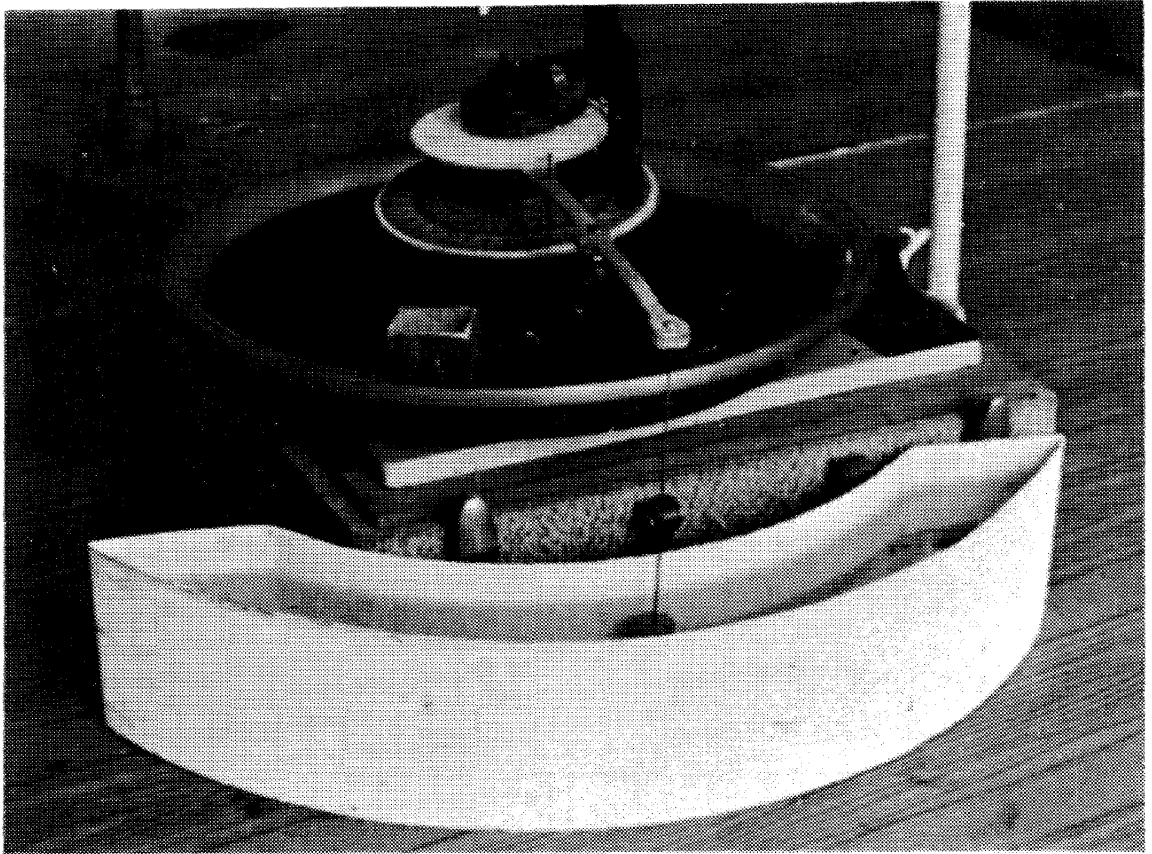
有砂粒的水泥面與橡皮  
(45轉)  $6\text{ cm}^2$

| 重量 \ 因素 | 無砂          | 有砂         |
|---------|-------------|------------|
| 15g     | $70^\circ$  | $50^\circ$ |
| 20g     | $86^\circ$  | $60^\circ$ |
| 25g     | $103^\circ$ | $65^\circ$ |
| 30g     | $125^\circ$ | $81^\circ$ |

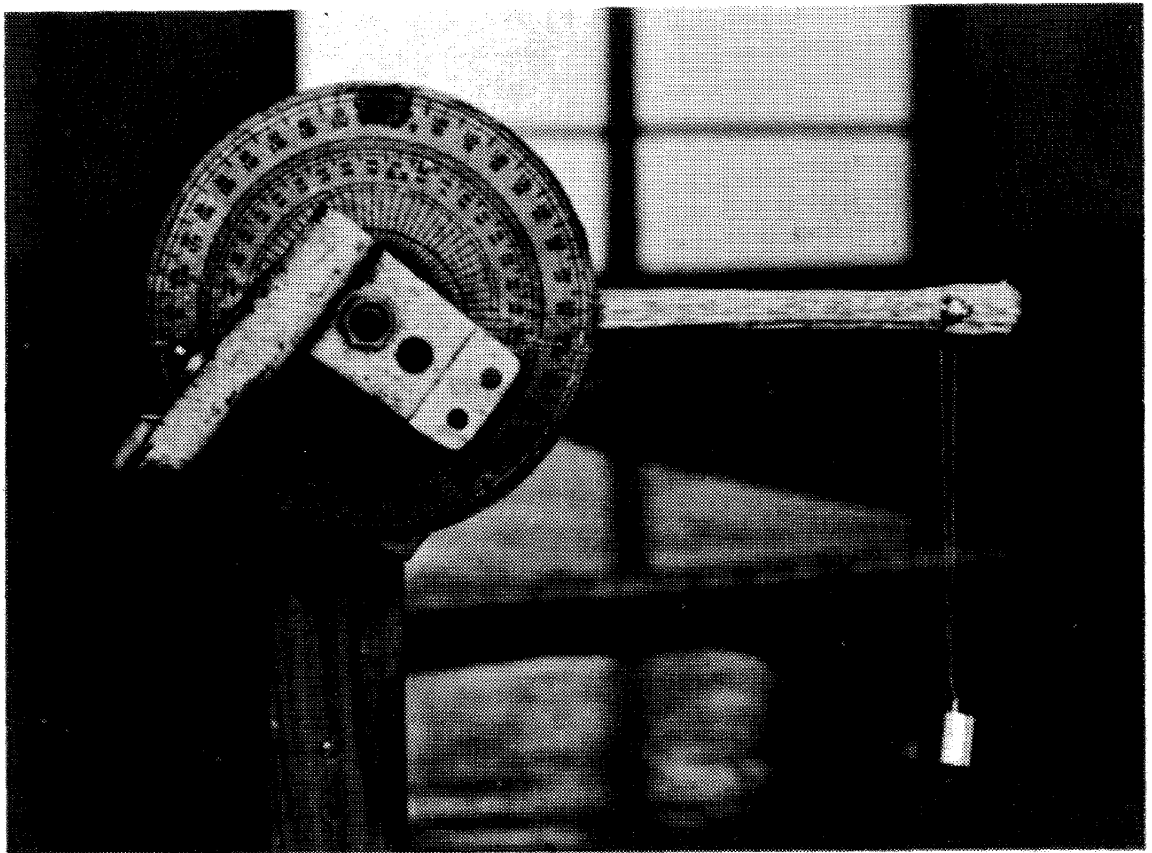
有砂粒的鐵面與鐵 45轉  $6\text{ cm}^2$

| 重量 \ 因素 | 無砂         | 有砂                       |
|---------|------------|--------------------------|
| 25g     | $45^\circ$ | $48^\circ \sim 85^\circ$ |
| 30g     | $50^\circ$ | $55^\circ \sim 95^\circ$ |

剛撒砂時摩擦很大，後來變小。



測定秤（圖一）



測定秤的轉移角換算力（圖二）

結論：水泥面與橡皮，有砂粒，滑動摩擦減少。鐵面對鐵摩擦變大。（去年談文大車禍，當時若司機在滑動時撒砂於鐵軌上的話，滑動距離會減少的，火車頭上有此設備的）。砂粒介在兩面間滾動時摩擦就小。介在兩面間成爲粗面時摩擦就大。

#### 8. 接觸面有油膜時，對滑動摩擦的影響

結論：接觸面有油膜時，摩擦減少不多，但滑動狀況很圓滑，擺動減少。

#### 9. 衝力的大小與剎車後滑動距離

相對速度與滑動距離（鐵—鐵）25g

| 轉速 \ 變速 | 速度         | 時間    | 距離        |
|---------|------------|-------|-----------|
| 78      | 87.50 cm/秒 | 11 秒  | 9625 cm   |
| 45      | 51.61 cm/秒 | 5.2 秒 | 268.37 cm |
| 33      | 37.99 cm/秒 | 4.2 秒 | 158.56 cm |
| 16      | 18.42 cm/秒 | 2.8 秒 | 51.58 cm  |

速度與滑動距離

| 速度 \ 增加 | 速度    | 距離     |
|---------|-------|--------|
| 16 → 33 | 2 倍   | 3.1 倍  |
| 16 → 45 | 2.8 倍 | 5.2 倍  |
| 16 → 78 | 4.9 倍 | 18.6 倍 |

結論：速度與距離不成比例。