

實驗七 槓桿實驗

槓桿是一種簡單機械。圖 7-1 中，方形代表重物、三角形代表支點、箭頭代表施力點。在圖 7-1(a)中，槓桿右邊向下用力，就可以把左方的重物抬起來了，支點在槓桿中間，物理學裡，把這類槓桿叫做第一種槓桿。第一種槓桿例如：剪刀、釘鎚、拔釘器……這種槓桿可能省力可能費力，也可能既不省力也不費力。這要看力點和支點的距離：力點離支點愈遠則愈省力，愈近就愈費力；如果重物、力點距離支點一樣遠，就不省力也不費力，只是改變了用力的方向。

在 7-1(b)中，在槓桿右邊向上用力，也能把重物抬起來，重物在中間，叫做第二種槓桿。第二種槓桿例如：開瓶器、榨汁器、胡桃鉗……這種槓桿的施力點一定比重點距離支點遠，所以永遠是省力的。

在圖 7-1(c)中，支點在左邊、重物在右邊，施力點在中間，向上用力，也能把重物抬起來，施力點在中間，叫做第三種槓桿。第三種槓桿例如：鑷子、烤肉夾子、筷子…… 這種槓桿的力點一定比重點距離支點近，所以永遠是費力的。如果我們分別用花剪（刀刃比較短）和洋裁剪刀（刀刃比較長）來剪紙板，花剪較省力但是費時；而洋裁剪則費力但是省時。

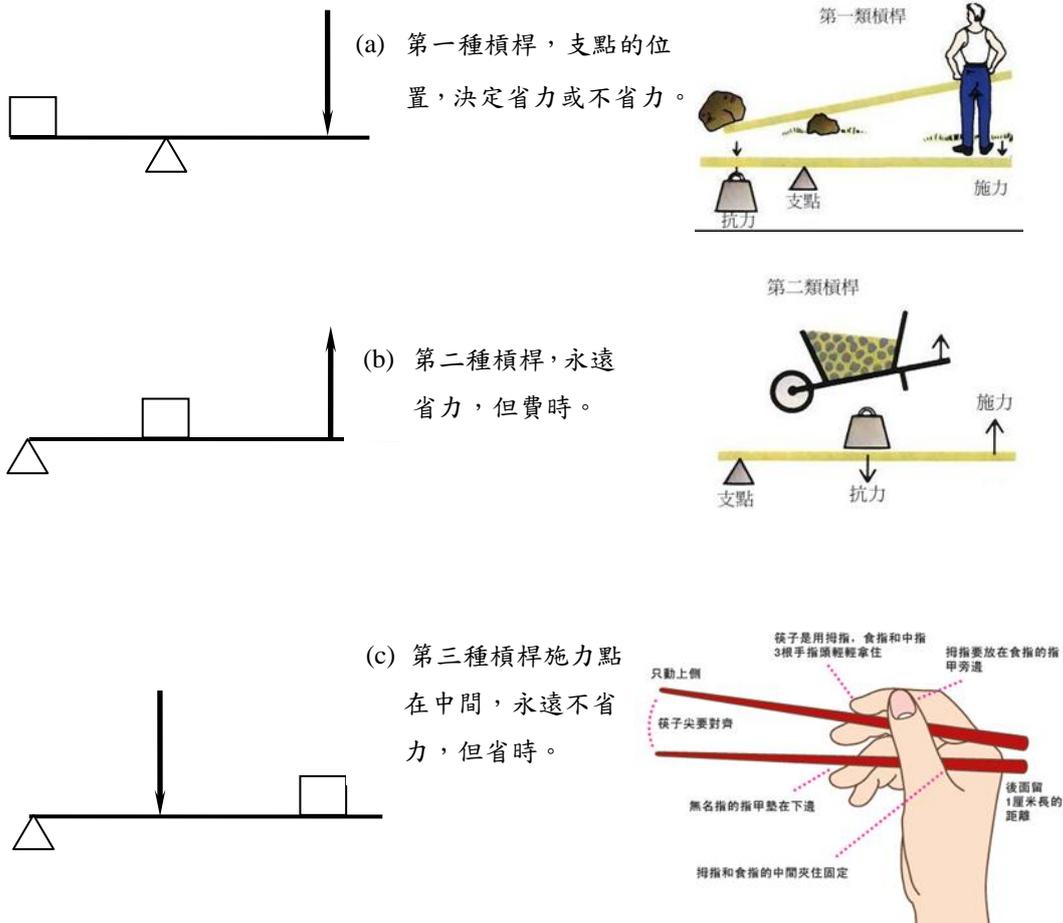


圖 7-1 不同類型槓桿

實驗7-1 第一種槓桿實驗

目的

學習槓桿的運作原理與特性。

儀器

項次	配件名稱	數量	項次	配件名稱	數量
1	鋁製台座	1	2	鋁製支架	1
8	槓桿平衡尺	1	9	砝碼10克	30
27	可移動磁性接頭	2	29	掛勾棒	1
30	水平刻度尺	1			

原理

- 力矩**：如圖 7-2，以三角形處 O 點為支點，一力 \vec{F} 作用於 A 點，A 點相對於 O 點的位置以位置向量 \vec{r} 定義， \vec{F} 和 \vec{r} 的夾角為 ϕ 。如圖 7-3，為了決定 \vec{F} 如何使槓桿繞軸轉動，我們將 \vec{F} 分解成兩個方向的量， \vec{F} 平行 \vec{r} 而且通過軸心，因此並不會造成槓桿轉動； \vec{F} 垂直 \vec{r} 而且大小為 $F \sin \phi$ ，這個分量造成槓桿轉動。或是用另一種想法來看力與力臂，這次不分解 \vec{F} ，而是將 \vec{r} 分解為平行 \vec{F} 和垂直 \vec{F} 的兩個向量，如圖 7-4， \vec{r}_p 平行 \vec{F} ， \vec{F} 對 \vec{r}_p 沒有轉動效果， \vec{r}_\perp 垂直 \vec{F} 的延長線，此延長線稱為 \vec{F} 的作用線，而 \vec{r}_\perp 稱為 \vec{F} 的力臂，大小為 $r \sin \phi$ 。我們定一個力矩的量為此兩項的乘積， $\tau = (r)(F \sin \phi)$ 或 $\tau = (r \sin \phi)(F)$ ，於是相對於固定點 O 而作用於質點上的力矩 $\vec{\tau}$ 為一向量，由數學的向量外積可得 $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ 。

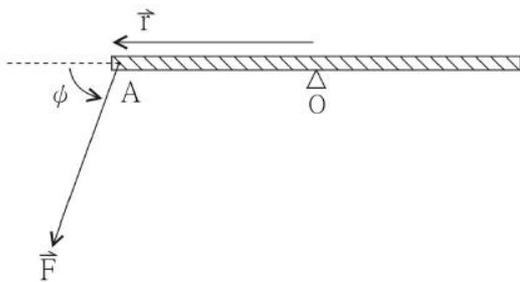


圖 7-2

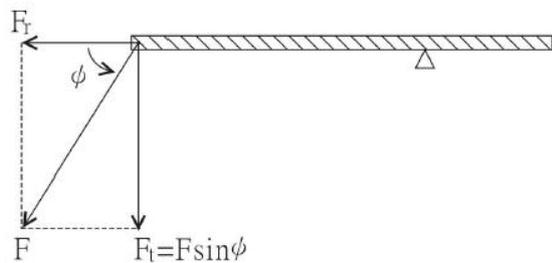


圖 7-3

2. **合力矩**：如同力的合成，力有合力，力矩也有合力矩。合力矩若等於零，則物體將不會轉動，反之則會有轉動的現象。

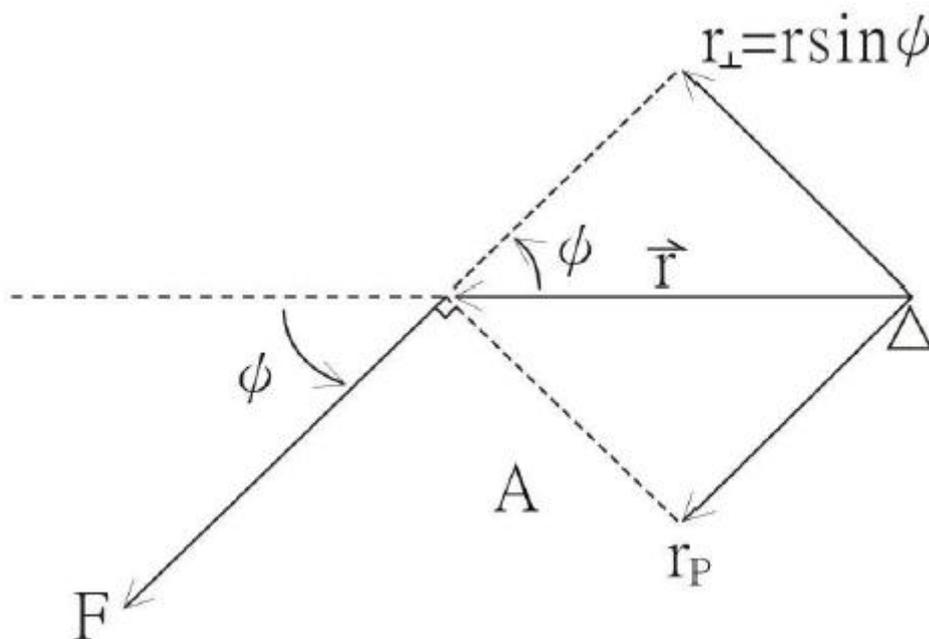


圖 7-4

3. **力矩平衡(槓桿異側)**：如圖 7-5，在支點兩端各有一力分別為 \vec{F}_1 、 \vec{F}_2 ，分別與 \vec{r}_1 、 \vec{r}_2 夾角 θ_1 、 θ_2 ，則力矩 $\vec{\tau}_1 = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1$ 、 $\vec{\tau}_2 = \vec{r}_2 \times \vec{F}_2$ ，當他們的合力矩 = 0 時，即 $\vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 = 0$ ，由數學向量外積可知 $\vec{\tau}_1$ 的方向為出紙面方向， $\vec{\tau}_2$ 的方向為入紙面方向，兩者方向相反，令 $\vec{\tau}_1$ 方向為正向時 $\vec{\tau}_2$ 即為負向，即 $\vec{\tau}_1 = \tau_1$ ， $\vec{\tau}_2 = -\tau_2$ ，因此 $\vec{\tau}_1 - \vec{\tau}_2 = 0$ ，可得 $F_1 r_1 \sin \theta_1 = F_2 r_2 \sin \theta_2$

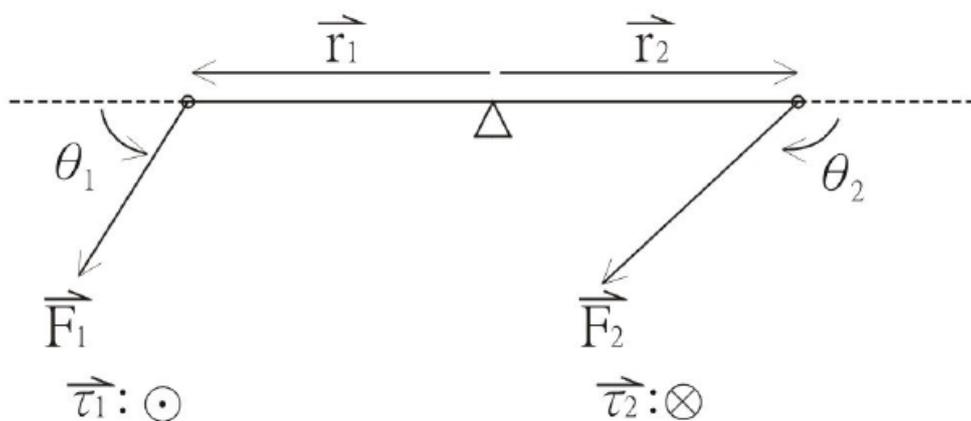


圖 7-5

步驟

左右單洞口

1. 實驗裝置如圖 7-6。
2. 在槓桿左方 1-6 的一個洞口掛上數個砝碼，槓桿將會傾斜。
3. 尋找位於槓桿右方 1-6 的一個洞口掛上數個砝碼，使槓桿平衡。
4. 記錄每次平衡時槓桿左方的洞口位置和砝碼數量，以及槓桿右方的洞口位置和砝碼數量。
5. 重複步驟 2-4，完成實驗表格。
6. 左方的洞口位置和砝碼數量的乘積是否和右方的洞口位置和砝碼數量的乘積接近？

左雙洞口，右單洞口

7. 在槓桿左方 1-6 的兩個洞口掛上數個砝碼，槓桿將會傾斜。
8. 尋找位於槓桿右方 1-6 的一個洞口掛上數個砝碼，使槓桿平衡。
9. 記錄每次平衡時槓桿左方的洞口位置和砝碼數量，以及槓桿右方的洞口位置和砝碼數量。
10. 重複步驟 7-9，完成實驗表格。
11. 左方的洞口位置和砝碼數量的乘積之總和是否和右方的洞口位置和砝碼數量的乘積接近？

左雙洞口，右雙洞口

12. 在槓桿左方 1-6 的兩個洞口掛上數個砝碼，槓桿將會傾斜。
13. 尋找位於槓桿右方 1-6 的兩個洞口掛上數個砝碼，使槓桿平衡。
14. 記錄每次平衡時槓桿左方的洞口位置和砝碼數量，以及槓桿右方的洞口位置和砝碼數量。
15. 重複步驟 12-14，完成實驗表格。

16. 左方的洞口位置和砝碼數量的乘積之總和是否和右方的洞口位置和砝碼數量的乘積之總和接近？



圖 7-6

實驗 7-1 第一種槓桿實驗報告

左右單洞口 平衡時的狀態			
左方洞口位置	左方砝碼數量	右方洞口位置	右方砝碼數量

左雙洞口，右單洞口 平衡時的狀態			
左方洞口位置	左方砝碼數量	右方洞口位置	右方砝碼數量
乘積之總和			
乘積之總和			
乘積之總和			
乘積之總和			
乘積之總和			

左雙洞口，右雙洞口 平衡時的狀態			
左方洞口位置	左方砝碼數量	右方洞口位置	右方砝碼數量
乘積之總和		乘積之總和	
乘積之總和		乘積之總和	
乘積之總和		乘積之總和	
乘積之總和		乘積之總和	
乘積之總和		乘積之總和	
乘積之總和		乘積之總和	

問題

1. 如果在槓桿左方 2 和 4 洞口各掛一個砝碼，則在槓桿右方該怎麼做才能使槓桿平衡？

實驗 4-2 第二種槓桿實驗

儀器

項次	配件名稱	數量	項次	配件名稱	數量
1	鋁製台座	1	2	鋁製支架	1
3	鐵棒 10mm×400mm	1	8	槓桿平衡尺	1
9	砝碼 10 克	30	21	彈簧秤	1
25	可移動掛鈎接頭	2	26	可移動接頭	1
27	可移動磁性接頭	2	29	掛鈎棒	1
30	水平刻度尺	1			

原理

力矩平衡(槓桿同側)：如圖 77-7，在支點同側有兩力分別為 \vec{F}_1 、 \vec{F}_2 ，分別與 \vec{r}_1 、 \vec{r}_2 夾角 θ_1 、 θ_2 ，則力矩 $\vec{\tau}_1 = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1$ 、 $\vec{\tau}_2 = \vec{r}_2 \times \vec{F}_2$ ，當他們的合力矩=0時，即 $\vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 = 0$ ，由數學向量外積可知 $\vec{\tau}_1$ 的方向為出紙面方向， $\vec{\tau}_2$ 的方向為入紙面方向，兩者方向相反，令 $\vec{\tau}_1$ 方向為正向時 $\vec{\tau}_2$ 即為負向，即 $\vec{\tau}_1 = \tau_1$ ， $\vec{\tau}_2 = -\tau_2$ ，因此 $\vec{\tau}_1 - \vec{\tau}_2 = 0$ ，可得 $F_1 r_1 \sin\theta_1 = F_2 r_2 \sin\theta_2$

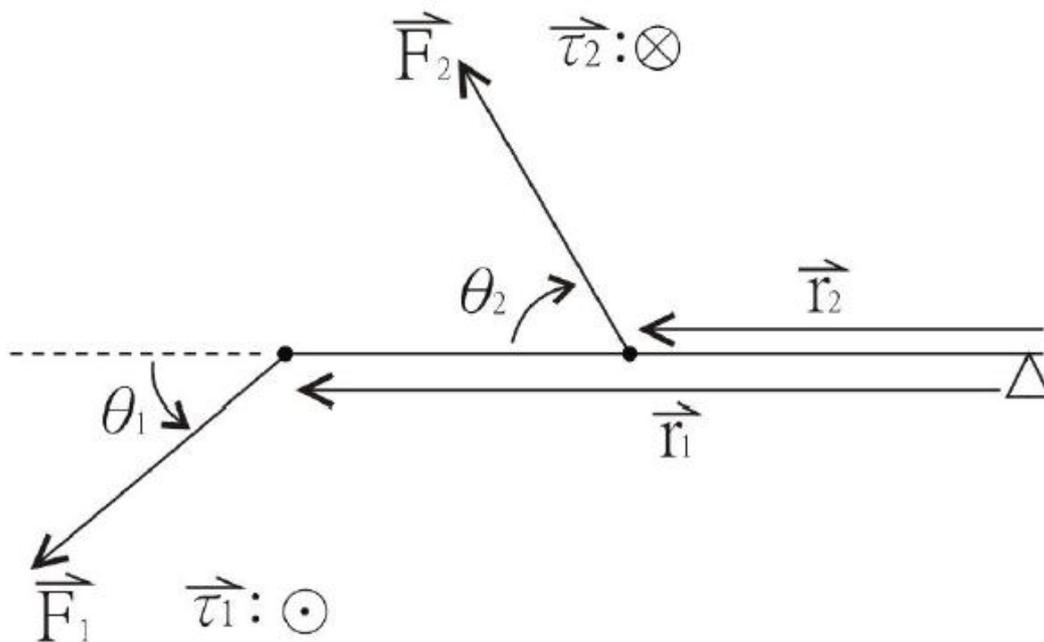


圖 7-7

步驟

單洞口

1. 實驗裝置如圖 7-8。
2. 在槓桿右方 6 號洞口掛上彈簧秤。
3. 在槓桿右方 5 號洞口掛上 4 個砝碼，此時槓桿可能不水平。
4. 調整掛槓桿的可移動磁性接頭的位置，使槓桿水平。
5. 記錄每次槓桿水平時彈簧秤的讀數。
6. 分別在槓桿右方 1-5 的洞口掛上數量不等的砝碼，重複步驟 2-5(可更改彈簧秤洞口位置)，完成實驗表格。
7. 右方的洞口位置和砝碼數量的乘積是否與右方洞口位置和彈簧秤讀數的乘積接近？

雙洞口

8. 在槓桿右方 6 號洞口掛上彈簧秤。
9. 在槓桿右方 1-5 的兩個洞口掛上數量不等的砝碼，此時槓桿可能不水平。
10. 調整掛槓桿的可移動磁性接頭的位置，使槓桿水平。
11. 記錄每次槓桿水平時彈簧秤的讀數。
12. 分別在槓桿右方 1-5 的洞口掛上數量不等的砝碼，重複步驟 8-11(可更改彈簧秤洞口位置)，完成實驗表格。
13. 右方的洞口位置和砝碼數量的乘積總和是否與右方洞口位置和彈簧秤讀數的乘積接近？



圖 7-8

實驗 7-2 第二種槓桿實驗報告

單洞口 槓桿保持水平時			
右方砝碼洞口位置	右方砝碼數量	彈簧秤洞口位置	彈簧秤讀數

雙洞口 槓桿保持水平時			
右方砝碼洞口位置	右方砝碼數量	彈簧秤洞口位置	彈簧秤讀數
乘積之總和			
乘積之總和			
乘積之總和			
乘積之總和			
乘積之總和			

問題

1. 如果彈簧秤在 6 號洞口，槓桿右方 2 和 5 洞口各掛四個砝碼，則彈簧秤讀數會是多少？

實驗 7-3 第三種槓桿實驗

儀器

項次	配件名稱	數量	項次	配件名稱	數量
1	鋁製台座	1	2	鋁製支架	1
3	鐵棒 10mm×400mm	1	8	槓桿平衡尺	1
9	砝碼 10 克	30	21	彈簧秤	1
25	可移動掛鈎接頭	2	26	可移動接頭	1
27	可移動磁性接頭	2	29	掛鈎棒	1
30	水平刻度尺	1			

步驟

單洞口

1. 實驗裝置如圖 7-9。
2. 在槓桿右方 2 號洞口掛上彈簧秤。
3. 在槓桿右方 6 號洞口掛上 3 個砝碼，此時槓桿可能不水平。
4. 調整掛槓桿的可移動磁性接頭的位置，使槓桿水平。
5. 記錄每次槓桿水平時彈簧秤的讀數。
6. 分別在槓桿右方 3-6 的洞口掛上數量不等的砝碼，重複步驟 2-5(可更改彈簧秤洞口位置)，完成實驗表格。
7. 右方的洞口位置和砝碼數量的乘積是否與右方洞口位置和彈簧秤讀數的乘積接近？

雙洞口

8. 在槓桿右方 2 號洞口掛上彈簧秤。
9. 在槓桿右方 3-6 的兩個洞口掛上數量不等的砝碼，此時槓桿可能不水平。
10. 調整掛槓桿的可移動磁性接頭的位置，使槓桿水平。
11. 記錄每次槓桿水平時彈簧秤的讀數。

12. 重複步驟 8-11(可更改彈簧秤洞口位置)，完成實驗表格。
13. 右方的洞口位置和砝碼數量的乘積總和是否與右方洞口位置和彈簧秤讀數的乘積接近？



圖 7-9

實驗 7-3 第三種槓桿實驗報告

槓桿保持水平時			
右方砝碼洞口位置	右方砝碼數量	彈簧秤洞口位置	彈簧秤讀數

雙洞口 槓桿保持水平時			
右方砝碼洞口位置	右方砝碼數量	彈簧秤洞口位置	彈簧秤讀數
乘積之總和			
乘積之總和			
乘積之總和			
乘積之總和			
乘積之總和			

問題

1. 如果彈簧秤在 2 號洞口，槓桿右方 4 和 5 洞口各掛四個砝碼，則彈簧秤讀數會是多少？