

# 奇怪！用力的大小，怎麼改變了呢？

高小組物理科第三名

台北市中山區中山國民小學

作 者：郭修伯、林羿甫  
葉思文

指導教師：呂火盛、黃翠娟

## 一、研究動機

月考後，學校在禮堂放映電影，大家都非常高興，輪到五年級進場了，我們要搬椅子去禮堂，離開教室前，老師說：「同學們要把椅子放在身子前面，椅背靠向自己，用手抱住，比較安全。」大家都照做了。可是，過了一陣子以後，我覺得手酸，就換了個姿勢，把椅背夾在腋下，只用手指扶著椅子，結果，我發現搬起來輕鬆多了！我好高興，又覺得疑惑，和幾位同學研究了一下，便去請教老師，在老師的指導下，設計了以下的實驗。

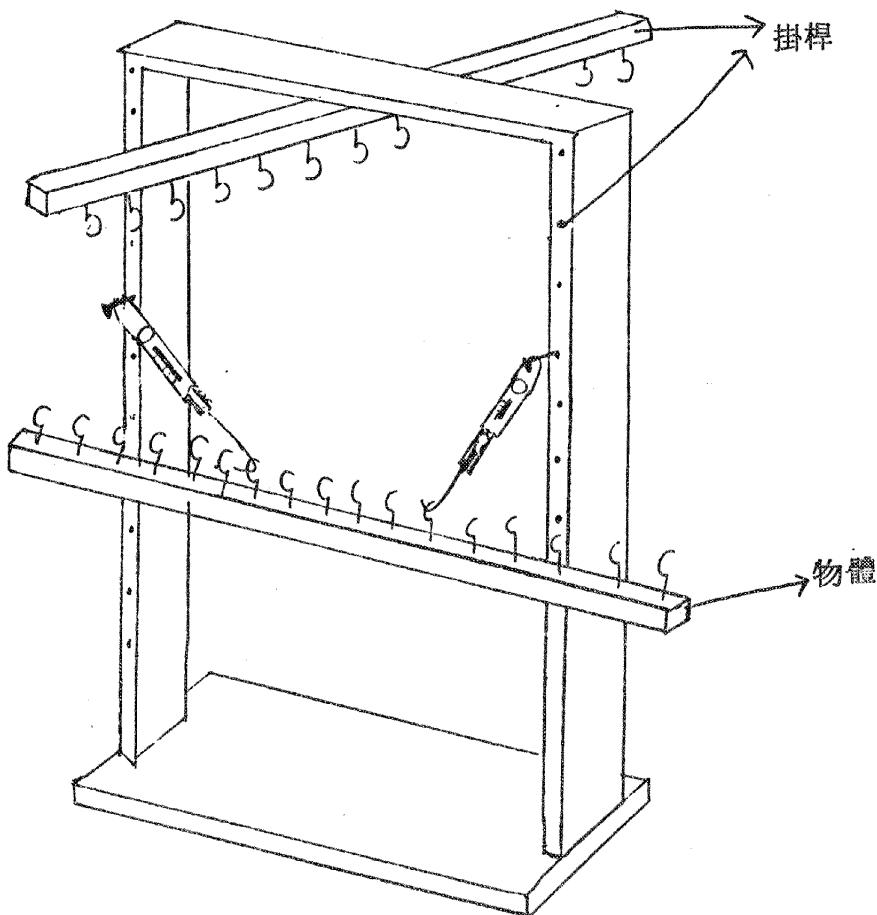
## 二、研究目的

- (一)研究如何設計一個能測量出，對物體用力大小的裝置。
- (二)探討對物體用力方向不同時，用力的大小會有不同嗎？

## 三、研究步驟

- (一)設計一個能測量對物體用力多少，並能改變用力方向的裝置。
  - 1.用木板釘一個架子，彈簧秤掛在架子上。
  - 2.用長 100 cm 的木柱子，做為物體，重 590 克，每 5 公分做一個掛鈎。
  - 3.以彈簧秤測量用力的大小，只要彈簧秤鉤住的掛鈎不同，就可以改變用力的方向。

實驗裝置如下圖：



(二)探討對物體用力方向不同時與用力大小的關係。

1. 討論對物體用力的方向，有那些情形？

- (1) 用力方向與物體垂直，而物體與地面平行。
- (2) 物體和掛桿都和地面平行，用力方向與物體垂直。
- (3) 物體和地面不平行，用力方向不與物體垂直。

2. 實驗(一)：探討物體用力的方向與物體垂直，而物體與地面平行，用力的大小如何呢？

方法：(1)物體重 590克，兩個彈簧秤分別是甲秤、乙秤。

(2)彈簧秤鉤住物體，再把彈簧秤掛在掛桿上。

(3)兩人分別讀出甲、乙秤上的刻度，並記錄，再交換兩秤，實驗一次，結果如下表：

表一 用力方向與物體垂直，用力點不同，與用力大小的關係表

用力 點位置別 用力 的 大 小 (克)	秤 別 次 數	1.			2.			平 均		
		甲 秤	乙 秤	用力 總和	甲 秤	乙 秤	用力 總和	甲 秤	乙 秤	用力 總和
甲	乙	295	295	590	295	295	590	295	295	590
物體										
ㄩ 1	2									
甲	乙	295	295	590	295	295	590	295	295	590
ㄭ 2	2									
甲	乙	295	295	590	295	295	590	295	295	590
ㄇ 5	5									
甲	乙	275	315	590	275	315	590	275	315	590
ㄤ 1	2									
甲	乙	255	335	590	255	335	590	255	335	590
ㄩ 1	3									
甲	乙	185	405	590	185	405	590	185	405	590
ㄤ 1	6									

我們發現：

1. 用力方向與物體垂直時，不管用力點如何改變，用力的總和不變，和物體重量相等。
2. 用力點與物體兩端點，距離相等時，如上表ㄩ、ㄭ、ㄇ，那麼兩邊用的力量相等。
3. 用力點距端兩點時越遠時如：ㄤㄤ去，用力變大。

實驗(二)：比較對物體用力方向不同時，用力的大小有何不同？

方法：同實驗(一)只要彈簧秤鉤住，掛桿上的不同掛鈎，就可以改變用力的方向。結果如下表：

發現：

- (1)用力方向與物體成  $90^\circ$  時，兩邊負重相等，如ㄩ。
- (2)用力方向與物重不垂直時，用力總和都大於物體重量，如ㄩ、ㄇ、ㄵ、ㄦ、ㄭ。
- (3)當用力方向小於  $90^\circ$  時，角度愈小用力愈大，如ㄮ。當用力方向大於  $90^\circ$  時，角度愈大用力愈大，如ㄯ。
- (4)物體與地面不平行時，(即物體掛的高低不同)掛高的用力較大，掛低的用力較小，如ㄅ、ㄌ、ㄍ等。

3. 討論：

- (1)從上面實驗知道，對物體用力，兩個用力點不一樣高時，高的用力較大低的用力較小，如ㄅ、ㄌ、ㄍ、ㄭ，但是經驗告訴我們，高矮不同的兩個人搬東西，似乎矮個子的應該負擔較大的力，為什麼和上面實驗不一樣呢？是不是“提”的和“招”的用力情形不同呢？
- (2)從實驗一可知對物體用力方向不與地面垂直時，如ㄩ、ㄇ、ㄵ、ㄦ、ㄭ，要花費比較大的力氣才能搬動，那麼搖籃，還有一些兒童玩具，如：浪船的繩索或鐵鍊，為什麼都吊斜著(受力不垂直)呢？

4. 實驗(三)：探討高矮不同的兩個人，把物體扛在肩上和提在手上，用力大小有何不同？

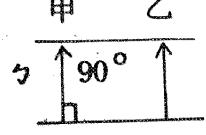
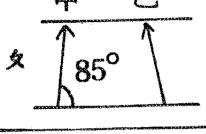
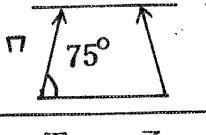
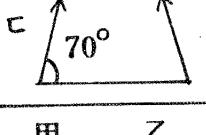
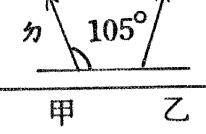
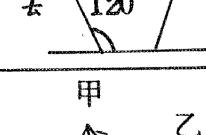
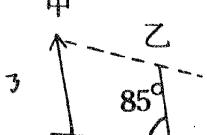
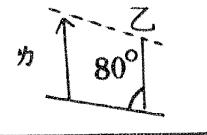
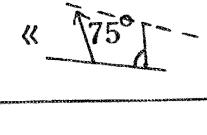
方法：(1)準備兩個台秤，分別是甲<sub>1</sub>乙<sub>1</sub>。

- (2)把作為物體的木柱子放在兩個台秤上，使物體和兩個台秤，分別只作用於一點。
- (3)把甲秤慢慢升高，分別讀出兩台秤的刻度，即它們所受的力。結果如下：

從下表可知：

- (1)把物體放在甲<sub>1</sub>乙<sub>1</sub>，兩個台秤上，兩秤受力相等，當甲<sub>1</sub>秤漸升高，則負擔變小，反之則乙<sub>1</sub>較低而負擔較大。

表二 比較用力方向不同與用力大小的關係表

項目	用力的大小 秤別 次數	1.			2.			平均		
		甲 秤	乙 秤	用力 總和	甲 秤	乙 秤	用力 總和	甲 秤	乙 秤	用力 總和
物體和掛桿都與地面平行	甲 乙 	295	295	590	295	295	590	295	295	590
	甲 乙 	295	305	600	295	305	600	295	305	600
	甲 乙 	320	340	650	320	330	650	320	330	650
	甲 乙 	345	360	705	345	360	705	345	360	705
	甲 乙 	330	325	655	330	325	655	330	325	655
	甲 乙 	365	385	750	365	385	750	365	385	750
物體和地面不平行	甲 	300	295	595	300	295	595	300	295	595
	甲 	310	285	595	310	285	595	310	285	595
	« 	335	265	600	335	265	600	335	265	600
	「 	375	225	600	375	225	600	375	225	600

表三 物體在兩個高低不同台秤上，受力情形比較表

秤別	兩秤與物體的角度	兩秤的高度差			
		0 cm	5 cm	10 cm	15 cm
	0°	6°	9°	13°	
甲 <sub>1</sub> (漸升高)	290g	285g	280g	275g	
乙 <sub>1</sub> (低)	290g	295g	300g	305g	

(2)和表二比較，把物體提起來，高低兩秤用力的情形，以高的用的力大，正好相反。

(3)可見個子矮的，和個子高的人搬運東西，如果都用肩扛，以個子高的負重小，矮的負重大；如果用手提時，個子高的反而用力大，矮的用力較小。

實驗(二)：吊浪船搖籃的繩索，為什麼要斜掛的呢？

方法：(1)準備小籃子一個，分別繫上兩條等長的繩子。

(2)把繫好繩子的籃子吊在掛桿上，用手拉向掛桿，使它和掛桿成45°角。

(3)放手後，測量籃子的擺動次數和時間，結果如下：

由下表可知：

(1)不管搖籃的繩子是掛直或掛斜的，每分鐘的擺動次數不受影響。

(2)搖籃繩子掛直的搖動時，會繞圈子。

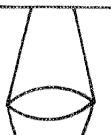
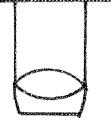
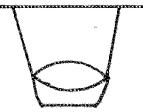
(3)當擺幅相同時，似乎掛斜的擺動比掛直的擺得久一些。

#### 4. 討論：

(1)我們經常看到吊橋固定兩端的繩索，也是掛斜的我們推想是為了避免人走在上面時，不會前後左右晃動的原因。

(2)我們又想到，當吊橋上有行人要通過時，吊橋兩端的繩索受

表四 比較搖籃受力垂直與不垂直和擺動的關係表

每分鐘擺動 次 數	次 數				平 均
		1	2	3	
		41 2' 49"	41 2' 48"	41 2, ' 50"	41 2' 48"
		41 2' 49"	41 2分35"	41 2' 36"	41 2' 35"
		41 2' 46"	41 2' 46"	41 2' 45"	41 2' 45.6"

力的情形不是也跟著行人而一直在改變呢？但到底是怎麼在改變的呢？

5. 實驗：當物體在橋上運動，探討橋兩端的受力情形變化如何？

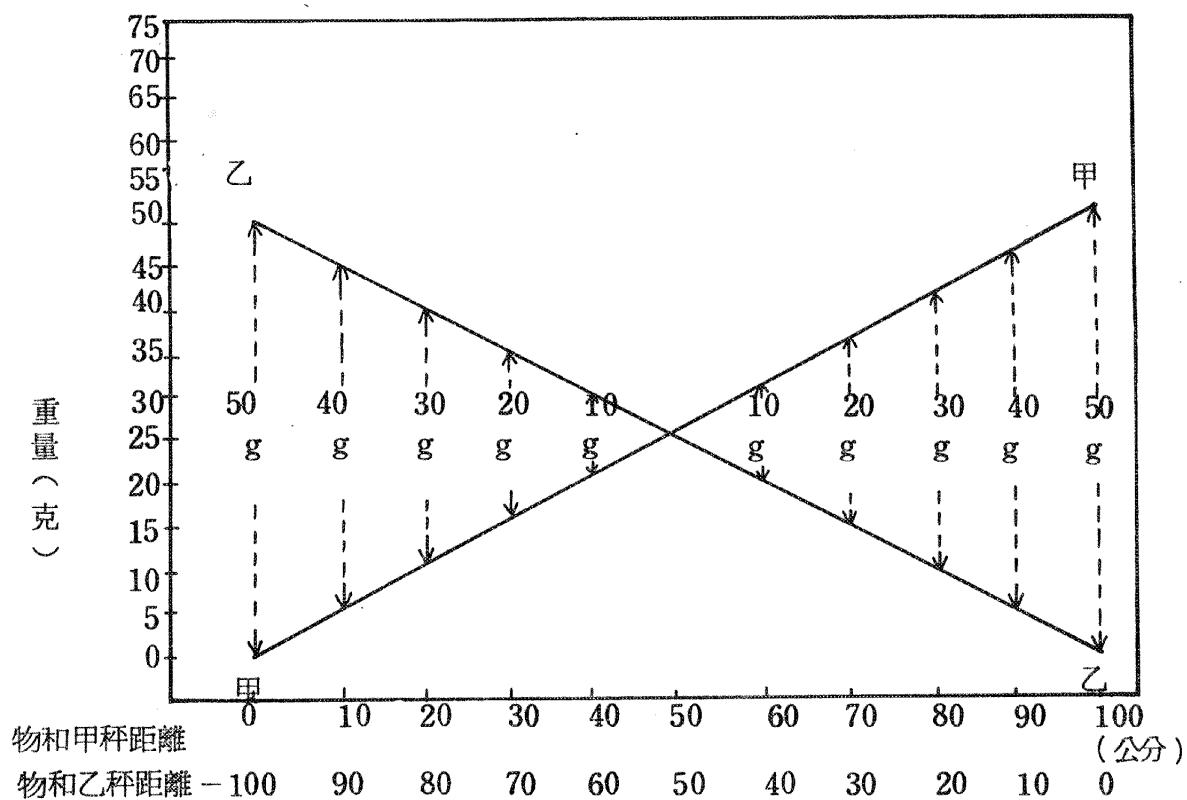
方法：(1)把實驗一中的物體做為橋樑 100cm，以 50g 的砝碼代替橋上的車輛；只要砝碼鉤在物體（橋樑）上的掛鈎一直推進，表示車輛在橋上前進。

(2)橋樑兩端掛兩個彈簧秤，當車在行進時，可分別讀出刻度，即兩端的受力情形，如下：

用 力 的 大 小 (克)	用 力 點	乙	甲	10										
		1	3	5	7	9	10	11	13	15	18	19		
秤別		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		
甲		50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0		
乙		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50		

表五之一 物體在橋上前進時，橋兩端點受力的變化比較表

表五之二



從上面實驗發現：

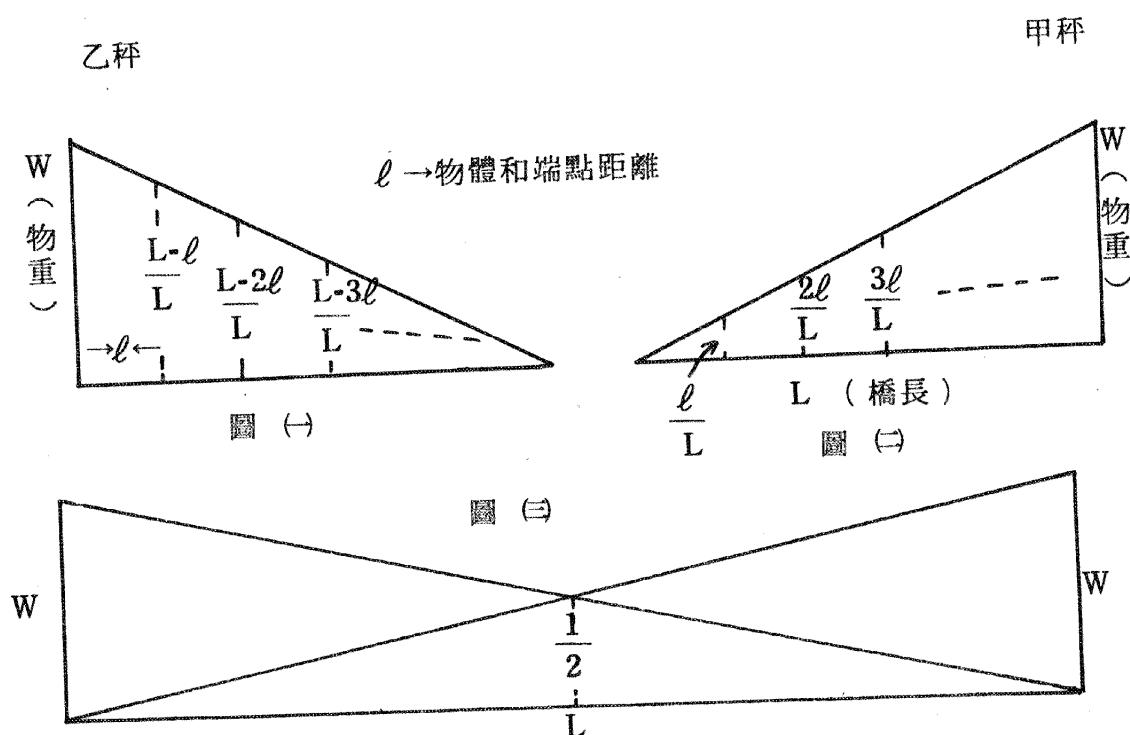
- (1) 當物體在乙端時，物體的重量全由乙秤負擔。
- (2) 物體從乙端向甲端移動，每移動10公分乙秤減少5克，甲秤增加5克，也就是說物體每移動全長 $1/10$ 時，甲、乙兩秤就會增加，或減少負擔物重的 $1/10$ 。
- (3) 當物體移到甲、乙兩端點的中央時，甲、乙兩秤各負擔物重的 $1/2$ 。

爲了進一步求證，我們把重物，重量改爲100克橋長100cm，另一組實驗，重物重量80克，橋長80cm，實驗方法同上，結果如下：

表五之三

用力大小(克)	用力點	甲	乙	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
		100 克	100 克	100 克	100 克	100 克	100 克	100 克	100 克	100 克	100 克	100 克	
秤別		甲	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
乙		乙	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
用力大小(克)	用力點	甲	乙	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
		8 80 克	8 80 克	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
秤別		甲	0	10	20	30	40	50	60	70	80		
乙		乙	80	70	60	50	40	30	20	10	0		

由以上數據作進一步的推理，如下的圖解：



由上圖歸納可得知：

物體在橋上任何一點時橋兩端的負重爲

$$\text{①出發的一端: } W \times \frac{L - \ell}{L} \quad \text{②另一端負重: } W \times \frac{\ell}{L}$$

## 四、研究結果

用力的大小怎麼改變了呢？

- (一) 當作用於物體上的兩個力，距離物體的端點等距離，那麼兩個作用力大小相等，反之則距離端點越遠用力較大。如(表一)去。
- (二) 當作用於物體上的兩個力是斜的，(不與地面垂直)那麼就要用更大的力——大於物重，才能搬動。
- (三) 對吊起來的物體而言，當作用於物體的兩個力點，高低不同時，則用力點高的，要用愈大的力。
- (四) 對扛著的物體而言，當作用於物體上的兩個力點不同，則用力點低的，要用愈大的力。
- (五) 人從吊橋的甲端走向乙端，當他還在甲端時，人的重量全由甲端負擔，走到橋全長的  $1/10$  時，甲端減少人體重  $1/10$  的負擔，乙端則增人重量的  $1/10$ ，到橋中央時，甲、乙兩端各負擔體重的  $1/2$ 。
- (六) 兒童玩具如浪船，和搖籃的掛繩，一般都掛斜的，這樣掛繩雖然要用較大的力，但是會做同方向的擺動，不會四面八方晃，而且擺動時間似乎也比較久一些。

## 五、應用與推廣

實驗中我們知道，人在搬運東西時，搬運的姿勢與方法，和用力的大小有密切的關係，本實驗的結果可以做爲參考。

### 評語

- (一) 思考過程清楚明瞭。
- (二) 表達生動。
- (三) 有創意。
- (四) 完整性待加強。