

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

030105

金門縣立金城國民中學

指導老師姓名

黃靜柯

許績川

作者姓名

李育昇

吳秉樺

王翊

許淑蘋

# 東搖西擺

## 壹、摘要：

時間的測量，老師教大家作單擺測試，最後終結是單擺具有等時性，在鉛垂平面內的振盪運動具有規律性週期。平面單擺當振幅夠小時，擺的振盪可近似「簡諧運動」，此時振盪週期與振幅無關。但如是否受磁場改變、科氏力、擺線材質即不規則擺錘之影響。此外還有些特殊的單擺，如 Y 型擺、平行擺，其中 Y 型擺之擺長的相互比率對其週期和軌跡的影響。而平行擺方面則探討擺長、擺重、擺角對軌跡及週期的影響，並研究分析誤差發生的原因，以求取得最接近真實的數據。

## 貳、研究動機：

「孩子們！快來看阿！瞧這鐘怎樣？古色古香吧！」老爸如獲至寶的捧了個大掛鐘回家，未進門便直嚷嚷，我好奇的仔細端詳它，裡邊的擺有規律的左右擺動，爸爸說：「掛鐘的缺點就是那裡邊的擺要常常調整。」這話惹得我滿腹狐疑，為什麼呢？「哥，你快來啊！看來看啊！」妹妹突然衝了進來，好像發現新大陸般猛打破我的沉思，跟著她跑到門外老樹下，剎那間，我呆住了，擺動不停的鞦韆下，有一幅美麗的「沙畫」，妹妹堆在秋千上的沙子從秋千上的小孔不停的漏下，隨著秋千的反覆擺動，竟成這樣一幅畫，看著秋千，我突然想起鞦韆也是一種擺動啊！他和 Y 型擺動、單擺這家族似乎隱藏著一些「秘密」，他們之間的週期有什麼不同？行成的軌跡又是如何？

另外為什麼掛鐘裡擺的擺動會發生週期上的變化呢？難道這和「地球磁場」有關聯嗎？還有擺的擺動會不會受「科氏力」的影響？這一串的問題都繞著我心中打轉，我強烈的希望能藉實驗獲得答案，打定主意，招集死黨，一起動手，有麻煩時就和老師抬槓激盪，慢慢的走進「擺」的研究世界！

## 參、研究目的：

- 一、對於簡易的單擺，做較深入的研究，並探討可能的軌跡和週期的因素。
- 二、對於 Y 型擺的特質及軌跡的研究探討。
- 三、不同於單擺和 Y 型擺的平行擺，其性質和軌跡的變化情形。
- 四、以上實驗所衍生出的問題。
- 五、藉由本實驗培養科學精神以及敏銳之觀察力。

## 肆、研究設備及器材：

綿線、人造纖維、釣魚線、鐵、鎳、膠泥、木材、馬蹄形磁鐵、沙漏器、沙、篩沙器、吹風機、碼表、尺、木棍、木棒。

## 伍、研究過程：

## 一、單擺方面的探討：

### (一) 實驗一：擺因四周磁場改變的影響。

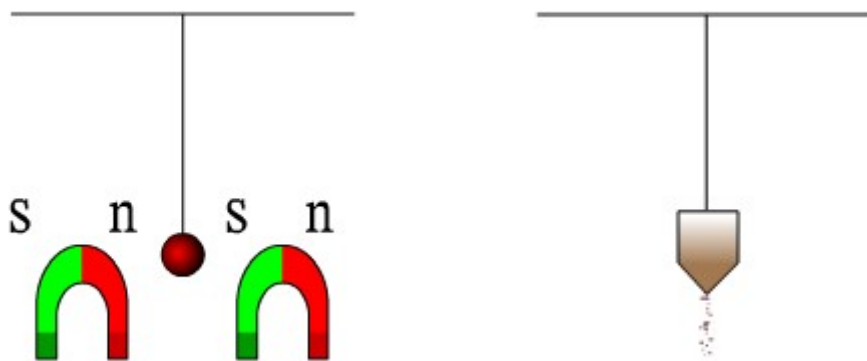
目地：研究和探討擺四周磁場改變對其的影響。

步驟：1.固定單擺的擺長、擺角、擺重。

2.將單擺的擺錘改成不同的物體〈如鐵、鎳、膠泥、木材等〉。

3.固定一馬蹄形磁鐵，使擺動時通過馬蹄形磁鐵中心，而不和磁鐵接觸。

4.看其擺動時是否受四周磁場改變而改變。



### (二) 實驗二：單擺軌跡是否受「科氏力」影響。

目地：研究和探討「科氏力」對其的影響。

步驟：1.製作一沙漏器，用以記錄單擺的軌跡。

2.記錄單擺的軌跡是否為一直線，如不是？是否有其規則性。

### (三) 實驗三：單擺擺線材質的影響

目地：研究和探討擺線材質對其影響。

步驟：1.固定單擺的擺長、擺角、擺重。

2.改變各實驗的擺線材質〈如綿線、人造纖維、釣魚線等〉。

3.測量單擺擺線材質是否對單擺的週期有影響。



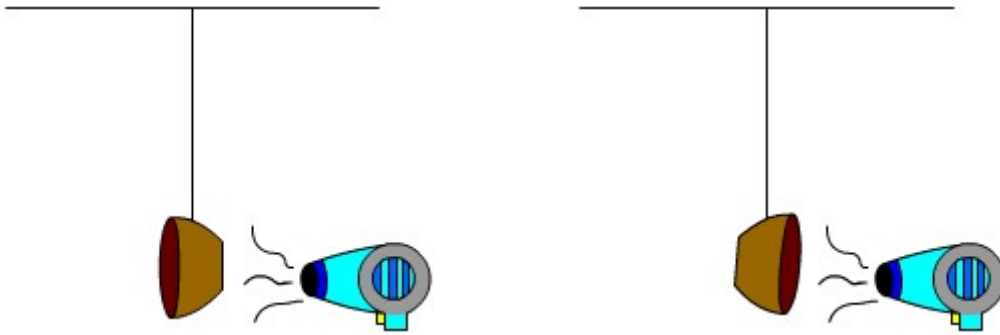
### (四) 實驗四：不規則擺錘對於週期和軌跡的影響

目地：研究和探討不規則擺錘對於週期和軌跡的影響。

步驟：1.固定單擺的擺長、擺角、擺重。

2.以相同的一塊膠泥，捏造出不同的形狀，測量不同形狀下的週期和軌跡。

3.以相同的不規則形狀〈碗形〉，以吹風機用不同強度，分別向凸面和凹面吹，測量在不同風阻下，其週期和軌跡的變動情形。

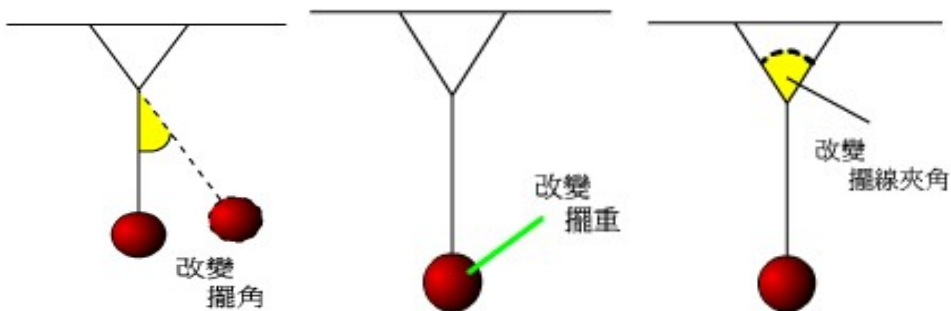


## 二、Y 型擺方面的研究探討：

### (一) 實驗五：Y 型擺性質

目的：研究探討 Y 型擺的性質。

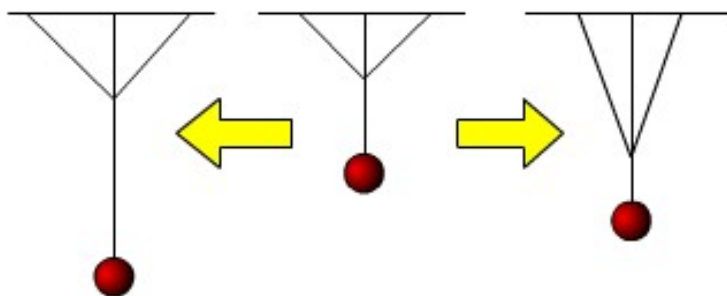
- 步驟：
1. 固定 Y 型擺的擺重和擺長，測量其週期和擺角之關係。
  2. 固定 Y 型擺的擺長和擺角，測量其週期和擺重之關係。
  3. 固定 Y 型擺的擺長、擺角和擺重，測量其週期和擺線夾角之關係。
  4. 製表並繪製三者和週期的關係曲線圖。
  5. 討論以及研究其代表意義。



### (二) 實驗六：擺長相互比率對週期和軌跡的影響

目的：研究探討擺長相互比率對週期和軌跡的影響。

- 步驟：
1. 固定各實驗的擺重，擺角和兩線夾角。
  2. 固定全長  $L_3$ ，改變上下段  $L_1$  和  $L_2$ ，測量在不同比率下其週期和軌跡的變化情形。
  3. 固定  $L_1$  和  $L_2$  的比值，改變全長  $L_3$ ，測量在相同比率下，不改總長之下，其週期和軌跡的變化情形。
  4. 繪製關係曲線圖，並加以研究和探討其代表意義。

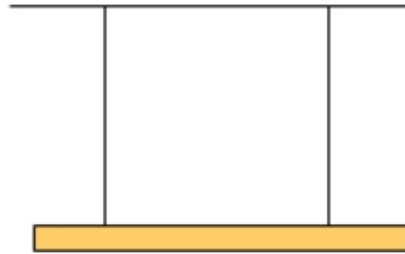


### 三、不同型擺方面的研究探討

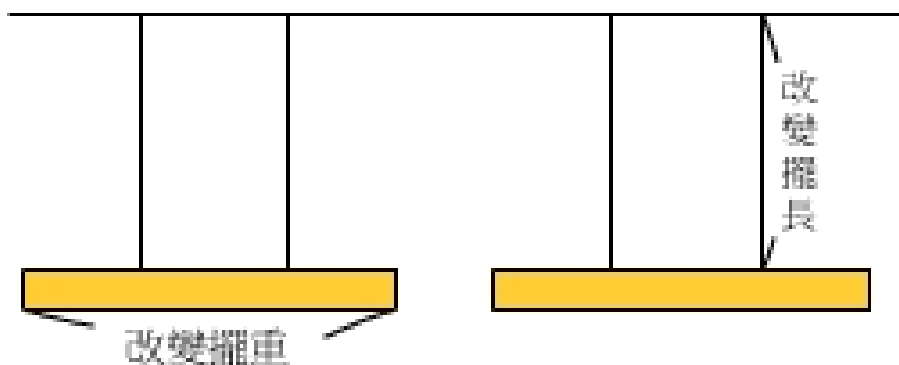
#### (一) 實驗七：不同型擺的性質

目的：研究探討不同型擺性質

步驟 1.製作不同型擺，由於對邊相互平行，所以稱之為「平行擺」。



- 2.固定平行擺擺重和擺角，測量其週期和擺長之關係。
- 3.固定平行擺擺重和擺長，測量其週期和擺角之關係。
- 4.固定平行擺擺長和擺角，測量其週期和擺重之關係。
- 5.製表並繪製三者和週期的關係曲線圖。
- 6.討論以及研究其代表意義。



#### (二) 實驗八：平行擺擺動軌跡的影響

目的：研究探討平行擺擺動軌跡的影響

步驟：1.觀察平行擺擺動的軌跡，並看在不同角度下，擺動的軌跡和區域之改變。

2.找出各角度擺動的規則性，並加以討論及研究。

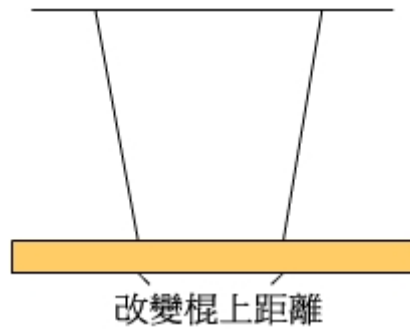


(三) 實驗九：平行擺繩子間的距離對週期的影響

目的：研究探討平行擺繩子間的距離對週期的影響。

步驟：1. 固定平行擺擺重、擺角和擺長。

2. 改變木棍上繩子間的距離是否對週期和軌跡有所影響

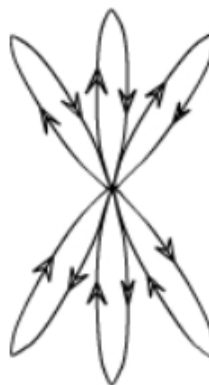


陸、結果：

一、擺對四周磁場改變的影響

條件	固定擺長 30 cm 擺角 10°，擺重 20g，以馬蹄鐵改變現場磁場。				
實驗數據	材料	鐵	膠泥	木材	鎳
	第一次	10' 62	10' 90	10' 88	10' 60
	第二次	10' 66	10' 89	10' 84	10' 58
	第三次	10' 61	10' 91	10' 88	10' 53
	平均	10' 63	10' 90	10' 87	10' 57
週期	10' 63	10' 90	10' 87	10' 57	

二、單擺軌跡受「科氏力」影響：



三、單擺擺線材質的影響：

條件	固定擺長 40 cm，擺重 30g，擺角 10°				
實驗數據	材料 次數	棉線	人造纖維	釣魚線	化學纖維
	第一次	14' 42	14' 50	14' 35	14' 41
	第二次	14' 40	14' 52	14' 30	14' 44
	第三次	14' 39	14' 54	14' 37	14' 39
	平均	14' 40	14' 52	14' 34	14' 41
	週期	1' 440	1' 452	1' 434	1' 441

四、不規則擺錘對於週期和軌跡的影響〈改變擺錘的形狀〉

條件	固定單擺的擺長為 40 cm，以固定的膠泥捏出不同的形狀。				
實驗數據	形狀 次數	圓球	碗形	圓扁	方扁
	第一次	11' 17	14' 46	14' 46	14' 20
	第二次	11' 21	14' 49	14' 40	14' 21
	第三次	11' 23	14' 53	14' 38	14' 21
	平均	14' 20	14' 49	14' 41	14' 21
	週期	1' 120	1' 449	1' 441	1' 421

五、不規則擺錘對於週期和軌跡的影響〈受吹風機影響〉：

條件	固定擺長 30 cm，擺重 30g，擺角 10°				
	強度	強		弱	
	吹面	凸	凹	凸	凹
實驗數據	第一次	13' 62	17' 86	12' 08	15' 28
	第二次	13' 67	17' 98	12' 01	15' 46
	第三次	13' 78	18' 18	12' 17	15' 36
	平均	13' 69	18' 01	12' 09	15' 35
	週期	1' 369	1' 801	1' 209	1' 535

六、Y 型擺週期和擺角之關係：

條件	固定Y型擺上段 $L_1$ 和下段 $L_2$ 為 20 cm，擺重 20g，兩線夾角 $60^\circ$ 。						
實驗數據	擺角次數	$3^\circ$	$5^\circ$	$8^\circ$	$10^\circ$	$13^\circ$	$15^\circ$
	第一次	10' 10	10' 15	10' 14	10' 15	10' 10	10' 16
	第二次	10' 12	10' 14	10' 14	10' 12	10' 15	10' 14
	第三次	10' 09	10' 15	10' 12	10' 13	10' 13	10' 10
	平均	10' 10	10' 15	10' 13	10' 13	10' 13	10' 13
	週期	1' 010	1' 015	1' 013	1' 013	1' 013	1' 013

七、Y 型擺週期和擺重之關係：

條件	固定Y型擺上段 $L_1$ 和下段 $L_2$ 為 20 cm，擺重 20g，兩線夾角 $60^\circ$ 。						
實驗數據	擺重次數	5g	10g	20g	30g	40g	50g
	第一次	10' 03	10' 04	10' 07	10' 09	10' 07	10' 10
	第二次	10' 05	10' 05	10' 05	10' 07	10' 09	10' 08
	第三次	10' 09	10' 05	10' 06	10' 07	10' 06	10' 07
	平均	10' 06	10' 05	10' 06	10' 08	10' 07	10' 08
	週期	1' 006	1' 005	1' 006	1' 008	1' 007	1' 008

八、Y 型擺週期和擺線夾角之關係：

條件	固定Y型擺上段 $L_1$ 和下段 $L_2$ 為 20 cm，擺重 20g，擺角 $5^\circ$						
實驗數據	擺角次數	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$60^\circ$	$70^\circ$	$80^\circ$
	第一次	10' 10	10' 09	10' 05	10' 07	10' 10	10' 05
	第二次	10' 08	10' 11	10' 11	10' 12	10' 08	10' 11
	第三次	10' 06	10' 11	10' 11	10' 13	10' 11	10' 10
	平均	10' 08	10' 10	10' 09	10' 11	10' 10	10' 09
	週期	1' 008	1' 010	1' 009	1' 011	1' 010	1' 009



九、Y 型擺在不同比率下其週期的變化情形：

條件	固定Y型擺全長 $L_3$ 為 50 cm，擺重 20g，擺角 $5^\circ$ ，比率為上段：全長。					
實驗數據	比率 次數	5 : 50	10 : 50	15 : 50	20 : 50	25 : 50
	第一次	13' 47	12' 67	11' 96	11' 59	11' 23
	第二次	13' 40	12' 70	10' 91	11' 60	11' 22
	第三次	13' 46	12' 71	10' 90	11' 59	11' 28
	平均	13' 44	12' 69	10' 92	11' 59	11' 24
	週期	1' 344	1' 269	1' 192	1' 159	1' 124

十、Y 型擺在不同總長週期的變化情形：

條件	固定Y型擺上段：下段為 1 : 1，擺重 20g，擺角 $5^\circ$ ，改變總長 $L_3$ 。						
實驗數據	總長 次數	30	40	50	60	70	80
	第一次	11' 27	11' 39	11' 55	11' 81	12' 02	12' 30
	第二次	11' 24	11' 37	11' 57	11' 79	11' 98	12' 32
	第三次	11' 25	11' 36	11' 60	11' 78	12' 04	12' 29
	平均	11' 25	11' 37	11' 57	11' 79	12' 01	12' 30
	週期	1' 125	1' 137	1' 157	1' 179	1' 201	1' 230

十一、平行擺週期和擺重之關係：

條件	固定擺長 30 cm，擺角 $10^\circ$ ，改變擺錘〈木棒〉的質量。						
實驗數據	質量 次數	10	20	30	40	50	60
	第一次	10' 93	10' 92	10' 90	10' 95	10' 97	10' 94
	第二次	10' 94	10' 92	10' 90	10' 95	10' 94	10' 94
	第三次	10' 95	10' 93	10' 94	10' 95	10' 92	10' 98
	平均	10' 94	10' 92	10' 91	10' 95	10' 94	10' 95
	週期	1' 094	1' 092	1' 091	1' 095	1' 094	1' 095

十二、平行擺週期和擺角之關係：

條件	固定擺長 30 cm，擺重 30g，改變擺角。						
實驗數據	擺角 次數	3°	5°	8°	10°	13°	15°
	第一次	10' 90	10' 93	10' 94	10' 94	10' 95	10' 97
	第二次	10' 92	10' 93	10' 94	10' 94	10' 96	10' 98
	第三次	10' 94	10' 95	10' 95	10' 94	10' 97	10' 96
	平均	10' 92	10' 94	10' 94	10' 94	10' 96	10' 97
	週期	1' 092	1' 094	1' 094	1' 094	1' 096	1' 097







十三、平行擺週期和擺長之關係

條件	固定擺角 10°擺重〈木棍〉10g，改變擺長。						
實驗數據	擺長 次數	45	40	35	30	25	20
	第一次	13' 64	12' 62	11' 63	10' 94	10' 37	10' 00
	第二次	13' 59	12' 62	11' 64	10' 93	10' 37	10' 04
	第三次	13' 63	12' 63	11' 67	10' 94	10' 37	10' 03
	平均	13' 62	12' 62	11' 65	10' 94	10' 37	10' 02
	週期	1' 362	1' 262	1' 165	1' 094	1' 037	1' 002

十四、平行擺改變上端長對其週期的影響：

條件	固定下端長的長度為 32 cm，改變上端長的長度。						
實驗數據	長度 次數	6	10	14	18	22	26
	第一次	14' 53	14' 65	14' 71	14' 71	14' 53	14' 54
	第二次	14' 61	14' 59	14' 74	14' 90	14' 81	14' 63
	第三次	14' 58	14' 62	14' 61	14' 61	14' 55	14' 68
	平均	14' 57	14' 62	14' 69	14' 74	14' 63	14' 62
	週期	1' 457	1' 462	1' 469	1' 474	1' 463	1' 462

十五、平行擺改變上端長對其軌跡的影響：

條件	固定下端長的長度 16 cm，改變上端長的長度。		
軌跡情形		小於下端長	大於下端長
		6 cm	18 cm
			
		10 cm	22 cm
			
		14 cm	26 cm
			

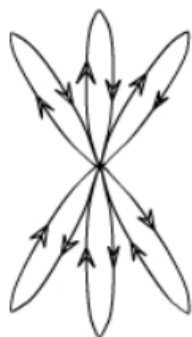
柒、討論：

一、擺對四周磁場改變的影響：

- (一) 實驗中固定單擺的擺長、擺角、擺重，並將單擺的擺錘改成不同的物體〈如鐵、鎳、膠泥、木材等〉
- (二) 以馬蹄形磁鐵改變四周磁場，並擺動時通過馬蹄形磁場中心，而不和磁鐵接觸。
- (三) 由實驗的數據可知：金屬因四週磁場改變而有明顯的軌跡改變，受磁鐵的吸引而使擺動的範圍變小更加快速，週期因而變小。軌跡亦有所改變，由正中央逐漸向一邊偏擺，到達一極限後，又向反方向擺回，直到又到達另一邊的極限後，再擺回中央，如此，一次又一次週而復始直到停止。

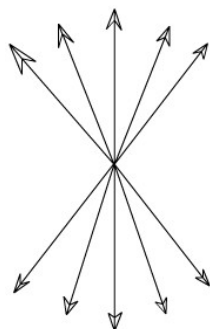
## 二、單擺軌跡受「科氏力」影響

- (一) 科氏力是地球自轉所產生的偏向力，居住北半球的我們所受的可是力是向右的，假使以擺長非常長的擺線，下掛一個重擺錘，在靜止的狀況下置於一無風，且不受任何外力影響的地方，發現過了不久，靜止的擺開始擺動（此種擺即稱為「佛科擺」，其擺長為 60m，擺錘為直徑 30 cm 的擺錘），這是因科氏力影響而由靜止開始擺動，科氏力能夠使靜止的擺開始擺動，也一定能改變正在擺動的擺的軌跡和週期。
- (二) 實驗中製作一沙漏器，用以紀錄單擺的軌跡。實驗開始時，由於所設定之擺長太短，所以無法看出明顯的軌跡改變。繼而以較長的擺長實驗，才大略看出明顯的軌跡改變：改變是一點為中心，起先形成一個 8 字型，後受科氏力的影響，逐漸向右偏擺，但形狀仍為一 8 字型且其中心向右改變並無範圍限制，一直以 8 字型向右偏擺，繞回 360° 後還是繼續向右偏擺，直到停止，因而造成下圖之圖形。



## 三、單擺受四周磁場改變以及「科氏力」影響的比較

- (一) 單擺受四周磁場改變以及「科氏力」影響所造成軌跡的改變所相同的為其軌跡都不成一條直線，均會向一邊偏擺。
- (二) 其不同的則為單擺受四周磁場改變的擺動形狀為一線，但單擺受「科氏力」的影響擺動形狀卻是一 8 字型，且單擺受四周磁場改變其軌跡改變具有改變的範圍且向左、向右都不固定，到達範圍後即以反方向擺回中間，再向另一邊偏擺；單擺受「科氏力」影響則無左右範圍的限制，偏擺的方向也固定為右。



## 四、單擺擺線材質的影響

- (一) 實驗中固定的擺長、擺角、擺重，並改變各實驗的擺線材質(如棉線、人造纖維、釣魚線等)。由實驗所得的數據可知：實驗中，雖然固定了已知會改變週期的擺長，但其週期仍然會有所改變，可見單擺擺線材質對單擺的週期有影響。其影響週期的情形主要決定於其線的製作方式為以三股繞成，所以當其下掛一

重物時，會因扭轉而產生扭力，造成週期的改變，其中特別的為釣魚線，因釣魚線為其中唯一不是以三股繞成的，所以產生的扭力最小，而幾乎沒有，所以其週期較小，三種以三股繞成的線中，又以人造纖維纏繞的最不扎實，所以當其下掛上重物時，扭轉的最快，產生的扭力也最大，故其週期最大。而棉線和化學纖維則居其中。

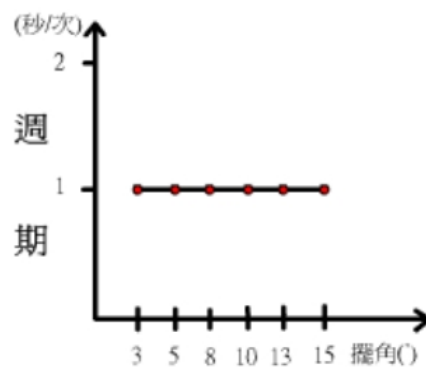


#### 五、不規則擺錘對於週期和軌跡的影響

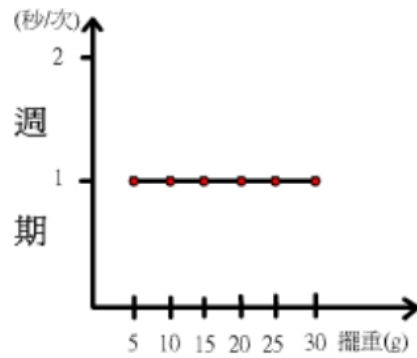
- (一) 實驗中相同的一塊膠泥，捏造出不同形狀，在實驗所使用的碗型，圓球，方扁型，圓扁型中，可明顯的由數據中看出圓球所需時間最短，而又以碗形需時最長，原因是擺錘形狀不同，所受風阻亦不同，圓球狀因四週空氣較易通過，所以風阻較小；而碗形則正好相反，四周空氣無法通過而造成擺動時的阻力加大。在其於條件都相同的情形下，所受風阻愈大者，其週期愈大。
- (二) 實驗中以相同的不規則形狀(碗形)，用吹風機用不同強度，分別向凹面和凸面吹，藉吹風機改變風阻，可明顯的由數據中看出強風較弱風所需時間較長，吹向凹面所需時間也較吹向凸面的大，造成此種結果和前項相同，風的強弱和吹向凹凸面所產生的風阻都不相同，所以週期也有所改變。

#### 六、Y 型擺性質

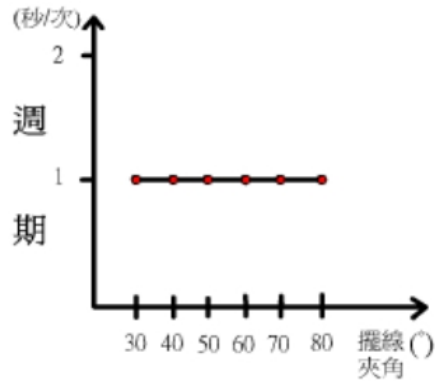
- (一) 實驗中固定 Y 型擺的擺重和擺長，測量其週期和擺角之關係，由實驗數據可知：Y 型擺的擺角並不影響擺的週期。



- (二) 實驗中固定 Y 型擺的擺長和擺角，測量其週期和擺重之關係，由實驗數據可知：Y 型擺的擺角並不影響擺的週期。



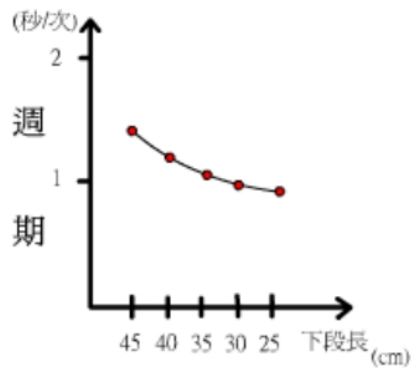
(三) 固定 Y 型擺的擺長、擺角和擺重，測量其週期和擺夾角之關係，由實驗數據可知：Y 型擺的擺線夾角並不影響擺的週期。



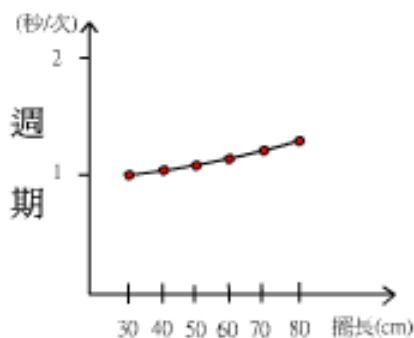
(四) 以沙漏沙的方式，觀察沙分布的情形可知道：擺角，擺重擺線夾角不只都不影響擺的週期，而且也不影響擺的軌道其軌道成一直線。

#### 七、擺長相互比率對週期和軌跡的影響

(一) 固定實驗的擺重，擺角和兩線夾角、全長 $L_3$ ，改變上下段長度 $L_1$ 和 $L_2$ ，發現其上段長/全長的比值愈大，其週期越小，由數據可知：擺全長固定上段長改變時，週期隨上段長的變大而變小。

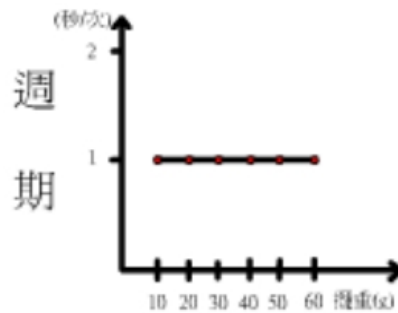


(二) 全長改變時，雖比率相同，但其週期卻有所改變，大致隨增大而變大。



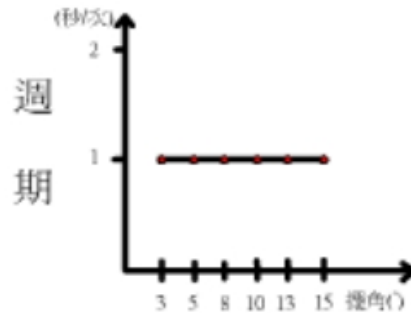
## 八、平行擺週期和擺重之關係

- (一) 實驗中固定平行擺的擺長和擺角，測量其週期和擺重之關係，由實驗數據可知：平行擺的擺重並不影響擺的週期。



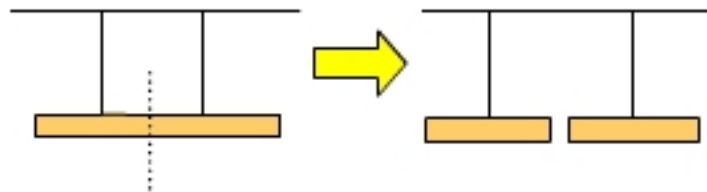
- (二) 平行擺週期和擺角之關係

1. 實驗中固定平行擺的擺重和擺長，測量其週期和擺角之關係，由實驗數據可知：平行擺的擺角並不影響擺的週期。



- (三) 平行擺週期和擺長之關係

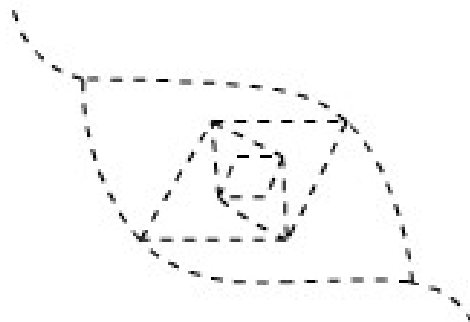
1. 實驗中固定平行擺的擺角和擺重，測量其週期和擺長之關係，由實驗數據可知：平行擺的擺角並不影響擺的週期，且特別的是，其週期和單擺相同，因為平行擺本身可視為兩單擺的結合。



若平行擺從中間切開，則就由平行擺變成兩單擺而不論木棍的重量多少，都不會影響擺的週期，所以當兩單擺結合成一平行擺後，平行擺擺動的週期也就會和單擺相同。

- (四) 平行擺及軌跡的影響

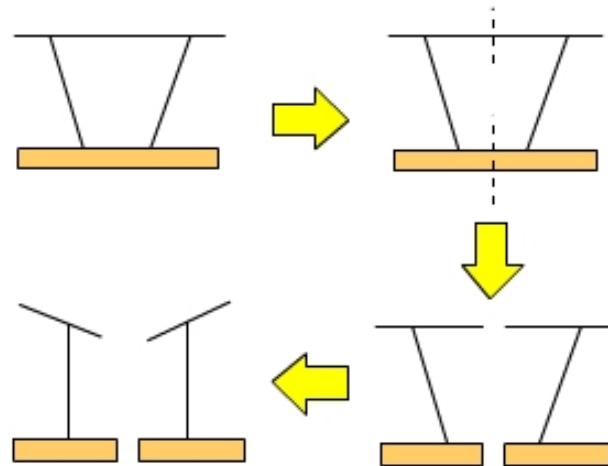
1. 除了  $0^\circ$  以及  $90^\circ$  以外，軌跡都是類似平行四邊形的圖形如下：



且若以兩木材連線當底線，在  $0^\circ$  以及  $90^\circ$  (垂直底線，和盪鞦韆一樣) 都是一條直線，沒有任何變化，但在  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  實驗時，卻出現如上圖的圖形，且擺角愈接近  $45^\circ$  時，軌跡範圍愈大，擺角若遠離  $45^\circ$ ，平行四邊形愈狹長，且大平行四邊形中又有小平行四邊形，小平行四邊形中又有小平行四邊形，小平行四邊形中又有更小的四邊形，但方向第一個與第三個相同，第二個與第四個相同，如此依序類次推下去。

(五) 平行擺改變上端長對其週期的影響

1. 平行擺固定兩擺線長度，改變木棍上的距離，則週期亦不改變，假設由木棒中切開：



則形成兩單擺雖擺線未垂於地，但可視為一個如圖的擺，故可知擺動的週期並不會改變，所以和單擺相同，所改變的零點零幾秒應是測量上的誤差。

(六) 造成測量每次數據誤差較單擺、平行擺大的原因：

1. 本身測量的誤差：由於實驗是以碼表手控計時的，所以常因計時的差異，而造成測量時間的誤差。
2. 平行判別的誤差：由於沒有足夠器材測量木棍和木棒是否平行。所以常因木棍和木棒沒有調整至平行，而造成擺動時的左右搖晃，不只造成週期本身受影響，更造成測量時判定到達時間的錯誤。
3. 受沙漏器的影響：為紀錄軌跡所設計的沙漏器，因本身擺動時的週期和平行擺有所不同，所以對擺動是一種影響變因，故常影響擺動的週期，而造成測量平行擺，週期上的誤差。

(七) 改進平行擺實驗的誤差的方法：

1. 本身測量的誤差方面：盡量減少發生錯誤的機會，再多次重複實驗，多討論研究其數據增減情形，取數據較接近和重複最多的數據計算。
2. 受沙漏器方面影響：擺動時盡量不要讓平行擺下的沙漏器擺動和平行擺相差太大，或使其週期和平行擺盡量相同。





## 捌、結論：

- 一、單擺受四周磁場改變的影響，會是其週期變小、軌跡成 8 字向左或向右(不固定)偏擺。
- 二、單擺軌跡受「科氏力」影響使得其軌跡成一直線形狀而向右(固定)偏擺。
- 三、單擺受擺線材質的影響，若擺線纏繞得越緊，則產生的扭力越小，影響週期和軌跡也越小(如釣魚線)，但如果纏繞的越鬆，則產生的扭力越大，影響週期和軌跡也就越大。
- 四、不規則擺錘則對於週期和軌跡的影響，保持一個原則擺錘受風阻越大，影響週期和軌跡也越大(如碗形、以及受強風吹向凹面)，擺錘受風阻越小，則影響週期和軌跡也越小(如圓球形、以及受弱風吹向凸面)。
- 五、Y 型擺性質，可知 Y 型擺的擺重、擺角以及擺線夾角都不會影響週期和軌跡。
- 六、擺長相互比率對週期和軌跡的影響：固定總長，週期就隨上段長／全長的變大而變小；固定擺長的比率，週期就隨總長的變大而變大。
- 七、平行型擺性質，可知平行擺的擺角和擺重都不影響擺的週期和軌跡。特別是擺長的影響和單擺相同。
- 八、平行擺擺動軌跡的影響，除了  $0^\circ$  以及  $90^\circ$  的以外其餘的軌跡大多都相似，只不過是範圍的長短、形狀的寬窄有所差別；而  $0^\circ$  以及  $90^\circ$  的軌跡則是一直線，沒有任何變化。
- 九、平行擺繩子間的距離對週期毫無影響，只因測量有所誤差而在數據上有所差別。

## 玖、參考資料：

- 一、國立編譯館主編，國中理化第四冊，正式本四刷，國立編譯館，第十五章，4、5、6 頁 93.03
- 二、國立編譯館主編，國中地球科學全一冊，正式本三刷，國立編譯館，第六章，94、95 頁 92.08
- 三、褚德三，基礎物理（全），第六版，台北縣，龍騰文化第一章，28 頁 91.05

## 評語

030105 國中組物理科

東搖西擺

在實驗一、單擺受四周磁場改變的影響，圖示與作者描述不同，何者為真？

在平行擺部分、推理部分仍有待加強，如何將實驗數據有效整理，詮釋和推論。