

擺的共振與能的轉移

國中組物理科第一名

嘉義縣立玉山國民中學

作者：蔡惠俐、林麗娟
江莉莉、盧惠盈
指導老師：林滄浪

一、研究動機

物理第三冊；波動單元，我們用音叉作“拍”的實驗。拍是同一方向進行的兩波，其頻率相差不多時由於干涉作用，聲響而增強，時而減弱，彼此互有規律的變化。但課本未提起，兩音叉振動頻率相同而引起的共鳴（共振）問題。頻率相同的兩音叉，若鼓動一音叉，其振動能夠傳播另一音叉引起振動而鳴響。由物體若無受外力作用，靜止的是永久靜止的「慣性定律」可知另一音叉必受外力作用，其外力如何傳播而來呢？我們利用擺的共振，探討其過程。

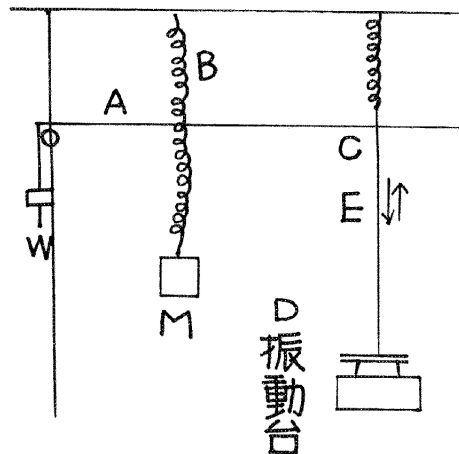
二、研究內容

1 共振實驗：

如圖一，A是通過彈簧B的橡皮筋，在C點與振動台D前後移動而變為上下運動的線E連接。由D的運動可使B下端的法碼M上下振動。

觀察：

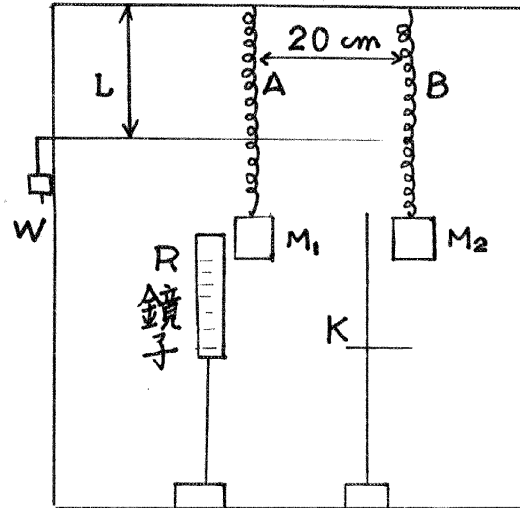
振動台的運動頻率小於或大於彈簧的振動頻率時，M的振幅小，砝碼M的頻率與振動台頻率相同時，M的振幅最大；吸收的能量最多。



2. 利用彈簧共振實驗能的轉移。(圖二)

M_1 是重量可加減的砝碼

。 M_2 的砝碼重量 100 克。 A, B 是頻率相同的彈簧, P 是當作介質的橡皮筋; 傳移動之用。 W 是施張力於橡皮筋的砝碼 (20 gw)。 L 是橡皮筋通過彈簧的位置。 K 是調節振幅的位置台, R 是觀察振幅的鏡子。(圖二)



實驗方法：

- (1) 拉下 M_2 10 cm 到位置台, 輸入彈力位能。
- (2) 放開 M_2 , 則開始上下振動。其振幅由大而小, 最後停止, 再漸漸變大。
- (3) M_2 的振動能由介質傳移到 M_1 , 當 M_2 的振幅最大時, M_1 由停止, 漸漸的由小變大, 與 M_2 作相反的振動動作。
- (4) 加減 M_1 每次 5 g 的砝碼, 作上述的實驗, 而由鏡子觀察 M_1 的最大振幅。

[結果]

- (1) 兩振動體的頻愈接近, 轉移的能急速的增加。
 - (2) 兩頻率相同時輸入 M_2 的能, 未全部轉移到 M_1 的原因是部分能消耗在 W 的振動或摩擦。
 - (3) 頻率不相同時, M_1 M_2 的振動有抵銷的現象。
3. 介質變化與能轉利的時間 M_1 , M_2 的距離 25 cm, L : 28 cm, M_1 , M_2 各 100 g。

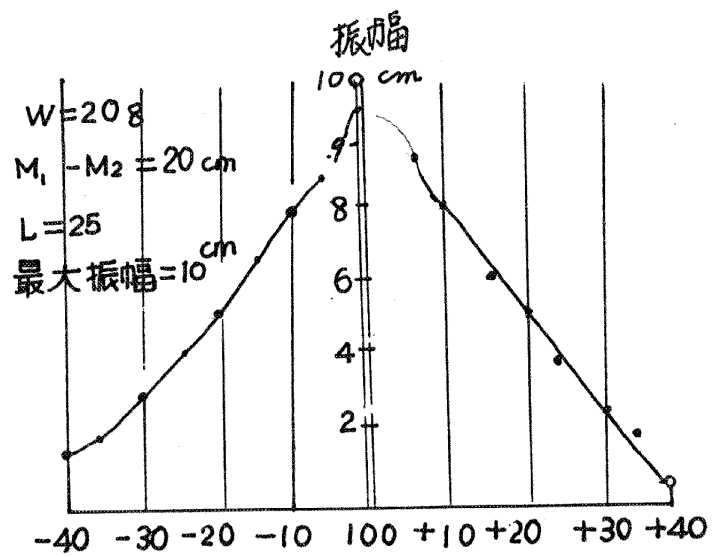
實驗方法：

- (1) 垂直拉下 M_2 到固定台 (距離 10 cm) 後放開, 則彈簧擺, 開始振動。

(2) : M_2 的

振動能，
以橡皮筋
為介質，
轉移到
 M_1 。

(3) : 測定
 M_1 由靜
止開始振
動達到最
大振幅後
再漸變小
後靜止的
時間。



張力	5 gm	10 gm	15 gm	20 gm	25 gm	30 gm	35 gm	40 gm
轉移時間	44.6秒	27.7秒	22.7秒	17.3秒	15.9秒	14.4秒	13.4秒	12.1秒

結果：張力愈大，轉移時間愈短。

4. 介質 L 通過彈簧的位置對能轉移的時間影響 M_1 , M_2 的距離
：25 cm 橡皮筋張力：20 gw

橡皮筋通過的位置	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm
轉位時間	206.5秒	77.6秒	38.0秒	25.5秒	17.2秒	11.1秒	8.2秒

結果：一次的轉移能愈多，全部轉移的時間愈少。

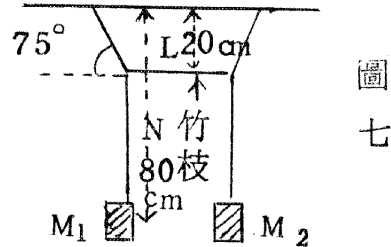
5. 兩振動體的距離與能轉移時間 W : 20 gw , L : 25 cm

$M_1 M_2$ 距離	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm
轉移時間	6.0 秒	10.1 秒	14.7 秒	18.3 秒	21.0 秒	27.5 秒	35.2 秒

結果：兩振動體的距離愈長，轉移所需時間愈多。

6. 單擺的共振 (圖七)

- (1) 介質 L (竹枝) 通過擺線位置對能轉移的時間



圖七

L 距離	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm
移轉時間	27.4 秒	19.9 秒	11.6 秒	9.6 秒	8.8 秒	6.1 秒

15 cm 以下誤差大不能測定。

[結果] 一次的能愈大轉移時間愈少。

- (2) 兩共振體的距離與能轉移時間

$M_1 M_2$ 距離	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm
轉移時間	16.1 秒	17.2 秒	25.0 秒	30.7 秒	32.3 秒

[結果] 介質距離愈長，能轉移時間愈多。

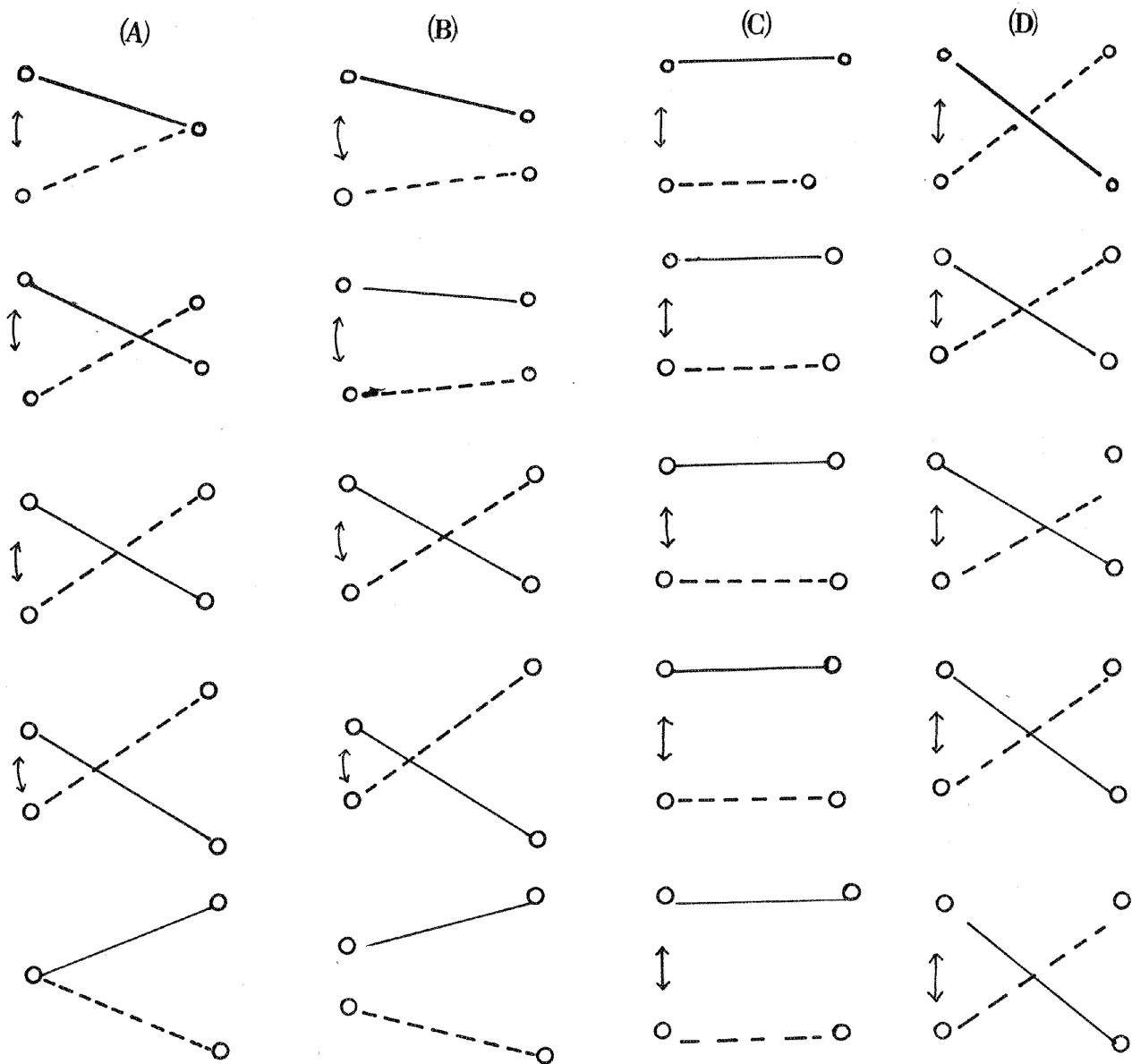
結論：上述二項實驗可知彈簧擺，單擺，其能轉移有相同的性質。

- (3) 能轉移時橡皮筋或竹枝的運動。

如下圖：(1)(C)(D) 兩振動體並無能的轉移。

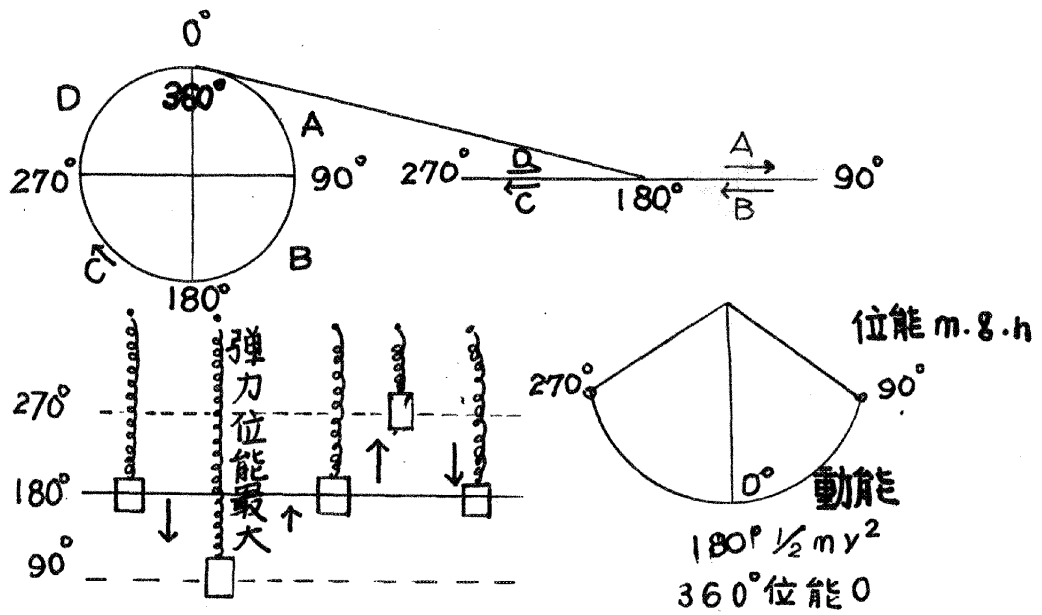
(2)(A) 受振幅最大時，發振體停止擺動。

(3)(B) 兩振動體，其振幅均無停止。

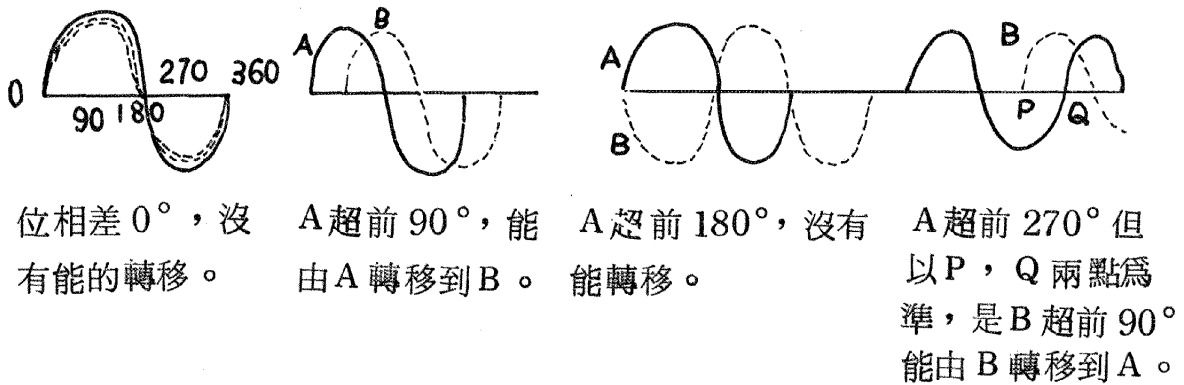


8. 圓運動與擺動的關係

實驗：如下圖由變速馬達的轉動（每分54轉）推拉振動台，再由振動台的左右運動使彈簧擺（或單擺）振動時，擺動的位置可依圓運動的位置表示。



9. 兩共振體的位相差異與能的轉移



10. 在振動台上的共振與不共振的實驗

實驗：

- (1) 音樂用的拍節器，置於振動台上，若拍節器的拍動頻率與振動台頻率相同時，振幅最大。頻率不同時拍節器的振幅時而大，時而停止。

(2)振動台的頻率是每分 54 次，其周期為 $60 \text{ 秒} \div 54 \text{ 次} \doteq$

1.1 秒 / 次

$$\text{由 } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad 1.1 \text{ 秒} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{l}{980}}$$

$$l \doteq 30.2 \text{ cm}$$

所以單擺長 30 cm 會共振而其振幅最大。

三、結 論

- (1)共振需要介質。
- (2)共振的能轉移與熱能電能的由高移動到低不同。是位相超前的轉移到位相超後的現象。
- (3)高樓愈高(重心高)吊橋愈長，其振動頻率愈少，容易與地震、強風共振。
- (4)共振是一振動體，吸收外來能時，其頻率愈接近，振動體的振幅由吸收能的累積而急速的增大現象。

評語：本作品利用彈簧、法碼、橡皮筋等簡單設備研究振動體的頻率、振幅和振動體本身的性質，諸如質量、長度等間的關係，得到結果後，又進而研究兩振動體間之能量轉移和兩者頻率、相位，以及介質之性質等間關係。本作品取材新穎，對結果的分析和討論也能以清晰的圖表和簡明的文字予以表示，充分顯示參展人的良好研究精神和持續的努力。