

聲學的研究

國中教師組物理科第三名

台北市立成淵國中

作者：楊訓庭、林福興

一、研究動機

聲音是屬於聽覺，聽得到而看不見，教師在教學上往往只能做定性的實驗，定量的實驗較為困難，如何製成一具具有多用途的發聲體，利用這個發音體來從事聲音的各項實驗，使聲學不但可以做定性實驗，也能做定量的實驗，增進聲學上的教學效果，提高學生學習的興趣。

二、研究器材

電磁音叉（自製）

迴轉鏡（自製）

光速光源器（自製）

光屏（自製）

砝碼

細繩

迴轉記錄滾筒

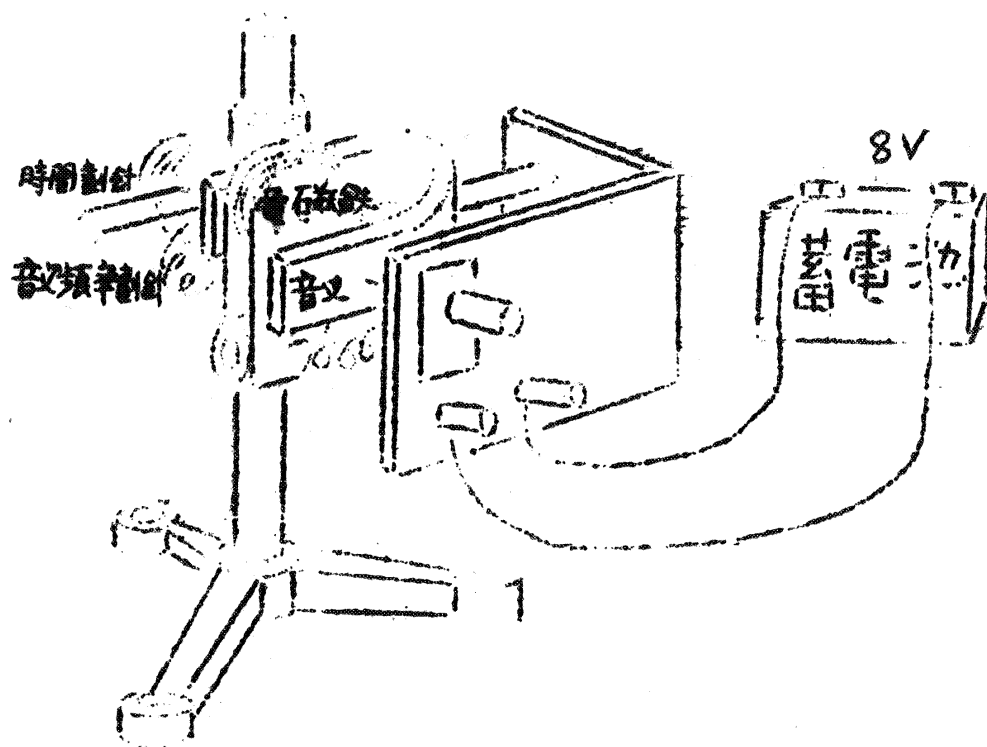
單擺電流通斷計時器

三、研究過程

(一)電磁音叉的製作：

- 1 目的：將音叉裝上電磁鐵，電磁鐵通電後影響音叉，使音叉能繼續振動而發出聲音，而應用於聲學的各項研究。
- 2 構造：將音叉與電磁鐵組合，裝置如圖 1 音叉可隨實驗的需要上下高低，橫直斜放，隨任意角度及方向調整。即將電磁鐵裝在音叉兩股之間，電磁鐵通電流之後，使電磁鐵具有磁力，吸引音叉之兩股，使之振動而發音。若將接點調整適當即能使音叉之振動頻率一定。在電流斷續裝置方面，尤應防止它的熔解及生銹，若裝上白金接點，則可避免上列現象的發生，使振動能順

利繼續進行。

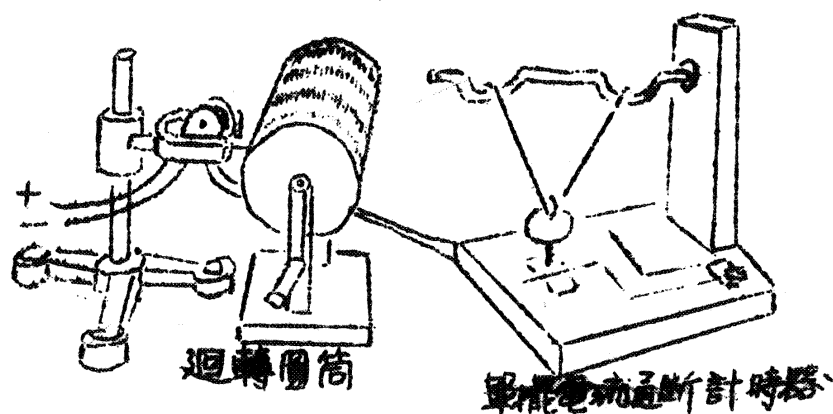


3. 操作：

- (1)將電源音叉裝置連接至 6—8V 之乾電池或蓄電池。使用變壓器或整流器的交流電，很難使音叉有理想的振動成音。
- (2)調整滑動可變電阻器（ 2 A ， 25Ω ）調整至適當的電流，使音叉振動最順暢，成音最佳。
- (3)如音叉的振動斷續不順暢時，應用細砂紙，擦亮接點，使接點電流通過順暢。

(二)電磁音叉的振動記錄：

- 1 目的：利用迴轉圓筒上的燻烟黑紙，來記錄電磁音叉振動的頻率。
- 2 操作：
 - (1)取平滑的白紙緊捲在迴轉圓筒上，重疊處用膠粘緊，且重疊處要考慮音叉股端的畫針不能被阻撓。
 - (2)將迴轉圓筒慢慢轉動，然後用煤油燈點火所冒出的黑烟，將圓筒燻成一層均勻薄膜的黑烟，以做為振動記錄之用。



- (3)將電磁音叉與單擺電流通斷計時器連接，利用金屬單擺，擺錘與水銀槽面接觸，調整擺長恰為 25 cm ，其週期剛好為一秒。當單擺、擺動、擺錘觸及下方的水銀槽時，電流即接通計時電磁鐵，電磁鐵吸引劃針，在黑煙之劃下曲線（半秒一曲線）。而電流流經電磁音叉，電磁音叉也即開始振動，音叉股上的畫針就在慢慢迴轉的滾筒黑烟紙上畫

出另一波形曲線。單擺擺長 25 cm 其週期為 $2 \times \pi \frac{\sqrt{25}}{980} =$

1 秒。

- (4)將音叉尖端的畫針與迴轉記錄滾筒垂直接觸，將電磁音叉開關通入電流，同時轉動迴轉記錄筒（須等速轉動，以一秒轉動一次最適當）可同時記錄音叉振動的波形和時間。
- (5)停止實驗時，將記錄紙用刀片沿著粘接處切開，但需要將兩端留下少許，然後把切口轉至下面再切留下少許的兩端，後用一張厚紙板，載著記錄紙的前面，將記錄筒轉動，使記錄紙受載於厚紙上，如此才不會損壞記錄。如果記錄紙須永久保存，噴上均薄的透明漆即可達成。
- (6)電磁音叉以及單擺之週期各別計記數碼，結果記錄如下：

實驗次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
振動時間	0.5秒	0.5秒	0.5秒	0.5秒	0.5秒	0.5秒	0.5秒	0.5秒	0.5秒	0.5秒
振動次數	156次	158次	156次	150次	156次	154次	152次	156次	158次	150次
振動頻率	312次/秒	316次/秒	312次/秒	300次/秒	312次/秒	308次/秒	304次/秒	312次/秒	316次/秒	300次/秒

由上面結果可知電磁音叉振動頻率約在 300 至 320 次 / 秒之間

(三)電磁音叉的振動觀察：

1. 在電磁音叉的任一股的外面貼一片小小的平面鏡用一平行光速裝置的光速投射在小鏡上，由小鏡的反射光線轉投射於毛玻璃的光屏上。
2. 若將電磁音叉通電使其振動，小鏡即隨著振動，光屏的光線即成直線的上下振動。
3. 將迴轉鏡置於光屏，電磁音叉的另一側，轉動迴轉鏡，即可觀察到電磁音叉的振動的波形映像。

實驗結果：

電磁音叉發音時為左右振動，但經音叉股上之平面鏡將平行光線反射後，即呈現上下移動之光影，經迴轉輪迴轉後，因人眼的視覺暫留現象，上下移動的光影，將呈現直線高低移動的曲線，轉速愈快所看到的波長愈長，轉速愈慢所看到的波長愈短。音叉振動的現象就可以看到了。

轉速快

轉速慢

(四)絃的張力與振動數的實驗：

1. 利用電磁音叉測量線的張力與振動數之關係。即砝碼的質量為 W (g) 絃線的長度為 l (cm)。絃線每一 cm 之質 m (g)

振動的節數爲R時，則可測出絃線的振動數爲N。

2. 絃一公分的質量可先用天平量 100 cm 之質量，再求得一公分絃之質量。

3. 絃的長短可調整滑輪的位置：

(1) 由實驗結果可知頻率相差不多時，絃線愈細愈短，張的愈緊，產生的節數愈少。

(2) 絃的振動數約爲音叉振動頻率之半。

(五) 聲音的干涉：

電磁音叉振動聲音經漏斗口沿兩長短不等空管，傳遞至耳朵時，將產生干涉的現象，何謂干涉？當頻率相當的兩個波同時發聲，聲音時而增加時而減弱的現象就是干涉。

(六) 氣體的共鳴：

一玻璃管連接一條橡皮管，橡皮管的另一端連接一個底部切去的保特瓶，由保特瓶開口的底部倒入水，上下提升保特瓶，調節玻璃管的水位，控制玻璃管內氣柱的長短。通入電磁音叉之電流，使電磁音叉振動而產生聲音，將玻璃管靠近音叉就可以產生聲音共鳴的現象。設聲速爲V，溫度爲 $t^{\circ}\text{C}$ 聲波的波長爲 λ ，頻率爲f

$$V = \lambda \times f \quad f = \frac{V}{\lambda}$$

$$f = \frac{331.5 + 0.6t}{2(l_2 - l_1)} = \frac{331.5 + 0.6t}{(l_2 - l_1) + (l_3 - l_2)}$$

四、結 論

聲音在日常生活中，是非常容易用聽覺器官感覺出來的，但是要將聲音變成可以利用視覺觀察出來，成爲可以測量出來的數據，這才能合乎學習物理的方法，本研究的目的是在於將音叉的振動變成可記錄的數據，同時希望將音叉設計成可連續不斷振動發出聲音，以配合實驗上的需要，綜合實驗結果可以獲得下列具體結論：

1. 電磁音叉的試作，是利用直流電鈴，電流繼續振動音叉使音叉連續發音之原理製作而成，所用蓄電池之電壓以 8 V 最佳，接觸點須接上具彈性的螺狀彈簧圈效果最好。
2. 利用迴轉記錄滾筒燻上黑煙用來記錄音叉振動的頻率，乃因音叉振動時須以摩擦力最小的方式接觸記錄筒，使振動之頻率能正確測出。振動頻率之測定同時配合，單擺週期一秒控制器，在黑煙滾筒上刻劃時間曲線出來，一秒鐘音叉振動之次數，很正確的可以測出。
3. 電磁音叉振動器，藉著光線平面鏡的反射，將光影投射在迴轉鏡上，在迴轉鏡上由於人眼的視覺暫留，可以看至音叉振動的映像，將看不到的聲音變成可以用肉眼觀察到的波動現象，將可提高學生學習的興趣。
4. 絃線附在音叉上，利用電磁音叉可以連續的振動。絃線的質量、張力、長度等均影響絃線的振動頻率，絃線振動時由於原波與反射波頻率相同，將產生干涉的現象，而發現到有節點的產生，效果非常顯著。
5. 利用電磁音叉可以做為其他有關聲學方面的實驗，如反射、共鳴等等的聲學實驗，其優點仍其利用電磁鐵的力量使音叉振動而能夠連續發音，使聲學實驗能有較理想的儀器，是製作本聲學實驗最大的困難與突破。

評語：1 對國中聲學的教學工具有所改進，並能構想一方法較精確的測量其頻率。

2 對反射鏡能給測量值帶來的誤差並未深究。