

一閃一閃亮晶晶—光源閃爍之研究

國中組應用科學科第一名

台北縣立蘆洲國民中學

作者：蔡明澤、李聖堂、陳韋安、李浩池

指導教師：吳原旭、郭春華

一、研究動機

- (一)本班的“四眼田雞”特別多，班導要我們少看電視，看書時多注意照明，不要使用會閃爍的日光燈。於是在媽媽的陪同下，去電器行選購“不會閃爍”的燈。但是，以我的肉眼看來，實在看不出“閃”還是“不閃”。
- (二)有一次看老師示範以高速閃光燈測試電扇轉速，讓我想起電視前的電扇有類似停擺的現象，於是便著手嘗試，經過多次的失敗後，終於研究出一種簡便好用的“照妖鏡”，除了看穿電燈閃不閃的謎題之外，也意外的發現了許多趣事和一些問題。

二、研究目的

藉觀測各種發光物體閃爍的情形，來比較探討光源閃爍的程度及原因，以作為選擇光源的依據。

三、器材與設備

(一)器材：

1. 高速閃光燈、電射光源、錄放影機、直流馬達、變壓器、鏡子、照像機……。

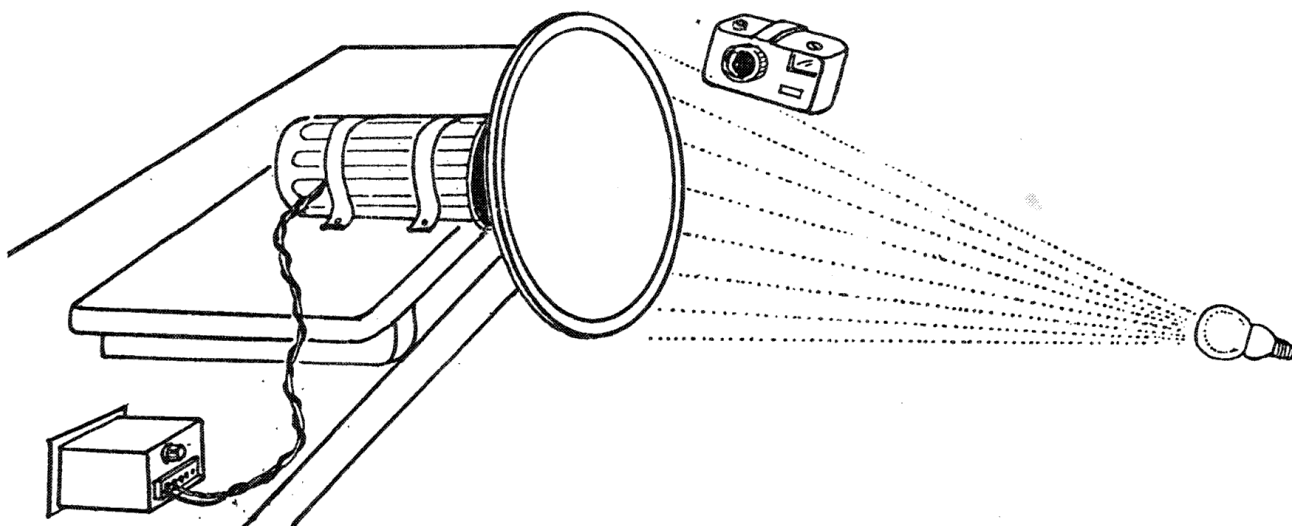
2. 各種燈具

編號	名稱	廠牌	規格
A	4 尺日光燈	東亞	110V 40D 晝光色
B	2 尺日光燈	旭光	110V 15D 晝光色
C	螢光燈泡（白）	東亞	110V 17W 三波長晝光色
D	螢光燈泡（紅）	飛利浦	120V 17W 紅色光
E	鎢絲燈泡		110V 40D 晝光色
F	鹵素燈泡	飛利浦	110V 60W 晝光燈泡

G	太陽燈		110V	13W	太陽光燈管
H	高頻燈	國 際	110V	27W	太陽光燈管
I	直流日光燈	國 際	12V	5D	
J	生化燈	新 力	110V	60W	長壽燈泡

3. 各種螢幕：30 吋彩色電視機、7 吋黑白電視機、14 吋電腦螢幕、三槍投影大螢幕……等。

(二)裝置：



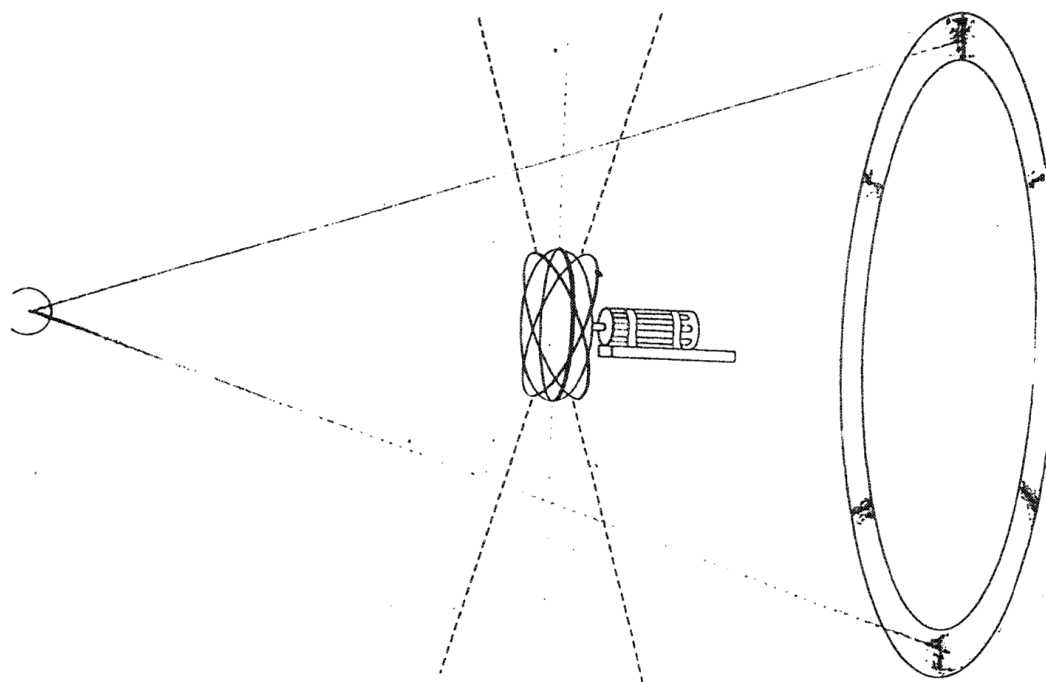
1. 在圓形平面鏡中心位置，固定一個可調整角度的軸心，將軸心接直流馬達上，使平面鏡能被馬達帶動旋轉。
2. 把馬達固定在底座上，並接上一個變壓器來調整馬達轉速。

四、原理

- (一)傾斜的鏡面旋轉時，光源的影像也隨之旋轉。由於視覺暫留的原因，當旋轉速度極快時，所看到影像便形成連續畫面。
- (二)如果光源會閃爍，所看到的影像就會出現明暗的變化，當轉速改變時，明暗間距也會隨之改變。
- (三)如果光源的閃爍有週期性，則明暗間距就會相同。調整轉速使閃耀頻率 F_s 恰為平面鏡轉動頻率 F_r 的整數倍 $N(F_s = F_r \times N)$ ，此時鏡中就會出現 N 個明暗變化的影像且靜止不動，然後就可進行觀測，拍攝以便分析研究。

<操作方法>

- (一)依光源距離及觀測者位置，來調整鏡面傾斜度，以得到最適合的影像。
- (二)可配合高速閃光燈測出旋轉頻率 F_r ，並進一步推算光源閃爍的頻率 F_s



五、過程與結果

(一)照相設備之研究：

1. 如裝置圖(一)，觀察各種燈具閃爍的情形，並將影像拍攝下來。分析結果如下：（長燈管只留中央 5cm 觀測，其餘部分以鋁箔遮光）

名 稱 \ 特 性	是否閃爍	閃爍頻率 (Hz)	顏 色		閃 爍 程 度
			明	暗	
4 尺日光燈	是	120	白	橘紅	明 顯
2 尺日光燈	是	120	白	橘紅	明 顯
螢光燈泡（白）	是	120	藍白	橙黃	較不明顯
螢光燈泡（紅）	是	120	黃	橙黃	較不明顯
鎢絲燈泡	否		橙黃	橙黃	不 閃 爍
鹵素燈泡	否		橙黃	橙黃	不 閃 爍
太 陽 燈	是	120	白	橙黃	較不明顯
高 頻 燈	是	25000	青白	青白	不 閃 爍
直流日光燈	否		青白	青白	不 閃 爍
生 化 燈	否		橙黃	橙黃	不 閃 爍

2. 日光燈管中段與兩端比較：

(1)將日光燈管以鉑箔紙包紮遮光，只留中段約 5cm，測閃爍情形，並拍攝分析。

(2)同上(1)，但只留右段 5cm 進行分析。

(3)同上(1)，但只留左段 5cm 進行分析。

(4)同上(1)，但兩端各留 5cm 進行分析。

(5)結果分析：

A 中段影像，每個亮區的亮度大致相同。

B 兩端的影像中，亮區的亮度有差異，且是明暗交錯改變，代表兩端閃爍較中間明顯。

C 兩端同時比較可發現，亮區的亮度變化也是左右交錯改變的。

3. 不同電壓下，日光燈、螢光燈（白）、鎢絲燈之比較：

(1)分別給予不同電壓：115V、105V、95V，比較發光特性之變化，結果如下。（Fr 均為 20Hz）。

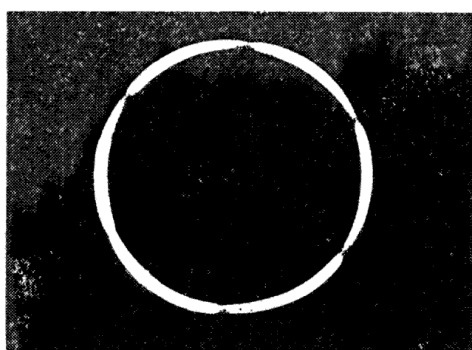
(2)結果分析：

A 電壓改變不影響閃爍頻率，Fs 均為 120Hz，電壓小於 95V 不亮。

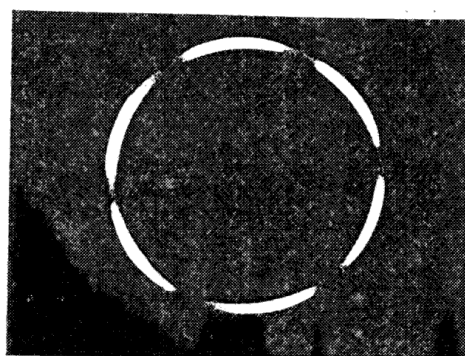
B 電壓越小，亮區越短，暗區越長，具顏色加深，表示閃爍越明顯。

（兩種燈均相同）電壓小於 95 不亮。

C 鎢絲燈泡不因電壓改變而閃爍，且電壓大於 5V 時，即可發光。



115V 螢光燈



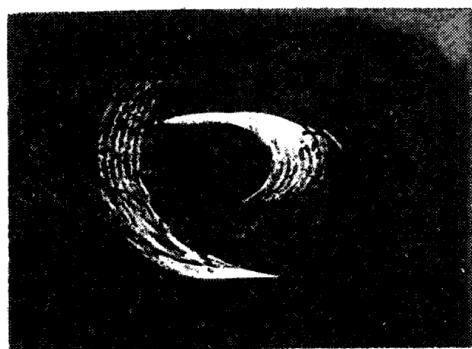
95V 螢光燈

(二) 螢幕之研究

1. 如裝置圖(一)，觀測各種螢幕閃爍情形，並拍攝分析。

2. 結果分析：

- (1)所測試之四種螢幕閃爍頻率均為 60Hz，且呈現的畫面沒有連續性。
- (2)旋轉鏡逆時鐘方向轉，且達一定速度時，則左邊的畫面被拉長，右邊則被壓縮，甚至顛倒，可判斷掃描線由上而下掃描。（詳見討論(五)）
- (3)四種螢幕中，以三槍投影螢幕之影像較不刺眼，而電腦螢幕之影像較為穩定。
- (4)由照片中，拉長的螢幕可算出約有 262 條掃描線。恰為每個畫面 525 條的一半，由此可證明，電視畫面是以交錯方式掃描呈現。（1、3、5、7…、2、4、6、8…。）



30 吋彩色電視 $Fr = 30\text{Hz}$



30 吋彩色電視 $Fr = 20\text{Hz}$

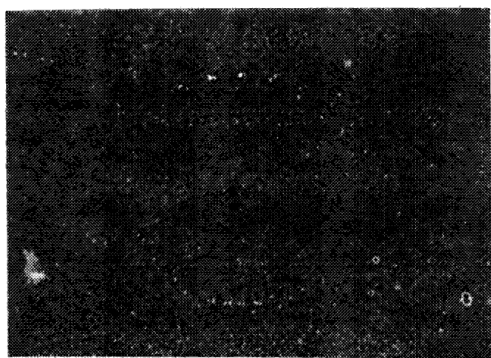
(三)其他光源之研究：

- 1.雷射光源需照射在紙屏上，由紙屏反射後，才能在旋轉鏡上進行觀測或拍攝。
- 2.字幕顯示燈、開關燈、高速閃光燈，可如圖(一)裝置觀察拍攝。
- 3.紅綠燈、水銀燈、飛機燈可如圖(一)裝置進行觀測，但不易拍攝。
- 4.結果分析如下：
 - (1)雷射光源、飛機燈、汽車燈和紅綠燈都沒有閃爍現象。可能都屬於鎢絲燈或鹵素燈之類。（雷射光源例外）
 - (2)開關燈閃爍頻率 120Hz，為間歇性發光。
 - (3)測量字幕顯示燈的頻率 4 次，其測量值及結果如下：

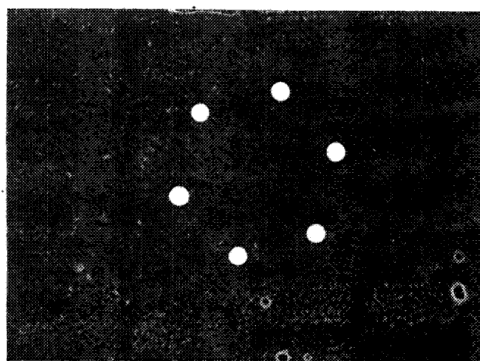
第一次	$N=28$	$Fr=14.0\text{Hz}$	$\therefore Fs=392.0\text{Hz}$
第二次	$N=19$	$Fr=20.5\text{Hz}$	$\therefore Fs=389.5\text{Hz}$
第三次	$N=14$	$Fr=27.9\text{Hz}$	$\therefore Fs=390.6\text{Hz}$
第四次	$N=11$	$Fr=35.6\text{Hz}$	$\therefore Fs=391.6\text{Hz}$

字幕顯示燈閃爍頻率平均為 391.0Hz，為瞬間閃示，且並非同時顯示。（見討論(五)－2）

(4)高速閃光燈可調節發光的間隔時間（照片的 F_s 為 120Hz），但是真正的發光時間卻極短，所以，所形成的影像是一個個清楚的圓形。



字幕顯示燈



高速閃光燈 $Fr = 20\text{Hz}$

六、討論

(一)閃爍原因之探討：

- 1.日光燈、螢光燈、太陽燈等氣體放電式的燈泡，其發光原因是藉著電子吸收電能後，放出紫外線，再經螢光劑轉換成可見光的方式來發光，所發出的光極易隨著電壓而改變，使用交流電時便會閃爍，而使用直流電卻不會閃爍。
- 2.鎢絲燈和鹵素燈是利用高溫加熱來發光，因其溫度較不易改變，所以可以穩定地發光。生化燈所用的燈泡，其實就是一般的鎢絲燈泡，其穩定性較好，但相差不多，且價格相差數十倍。
- 3.(1)高頻燈閃爍頻率高達 25000Hz。以較大距離 (10M) 較大鏡面傾斜度，（約 30° ）及較快轉速 (20Hz)，仍無法測出閃爍情形。可推知眼睛更不易受其影響，可以達到保護眼睛的功能。

(2)在(1)之裝置中，旋轉鏡所呈現的光圈圓周約為：

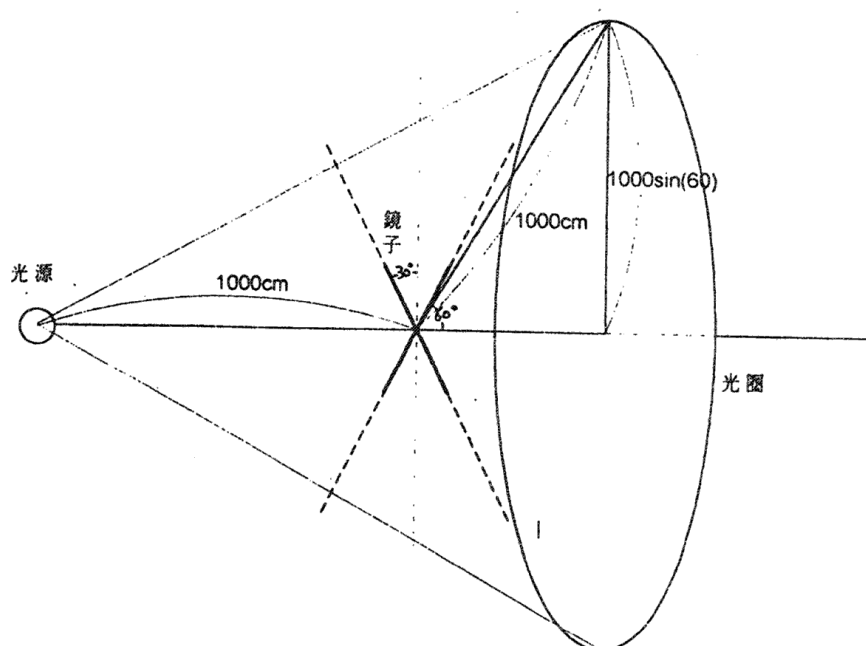
$$2 \times 3.14 \times 1000 \times \sin(60^\circ) = 5432\text{cm}$$

$$\text{明暗數 } N = F_s / F_r = 25000 / 20 = 1250$$

表示光圈上每隔 $5432 / 1250 = 4.3\text{cm}$ 就會出現一次明暗變化。將燈管以鋁箔遮光只留約 0.5cm，避免暗區被亮區重疊蓋過。在 10M 遠的距

離觀察 4.3cm 內的明暗變化並非不可能的，但操作中完全無法觀測或拍攝出閃爍現象，可能是殘光劑的殘光性能夠在 $1/25000$ 秒內充分地發揮補償作用。（如圖(三)）

4. 一般所用的螢光劑都具有殘光性，當電壓減弱時，仍能保持一些光亮，如此可減少閃爍程度。由本實驗所測結果做比較，日光燈管、螢光燈及太陽燈閃爍頻率皆相同，但是日光燈管的明暗變化顯然較大，推測可能是日光燈管所用的螢光劑殘光性較差。



(二) 紅色螢光燈在旋轉鏡中的固定影像中，眼睛直接觀察時，所見到的暗區是綠色的，但照片顯示出來的暗區卻是橙黃色的，此差異推測可能是眼睛在強烈黃光之下，造成視覺疲勞的效果，而在照片中卻無此錯覺。

(三) 以旋轉鏡觀測附近市區之萬家燈火，可發現大部分光源都有相同頻率之閃爍，且閃爍的時間都是一致的。

(四) 以旋轉鏡觀測水銀路燈，都是以 120Hz 的頻率閃爍。

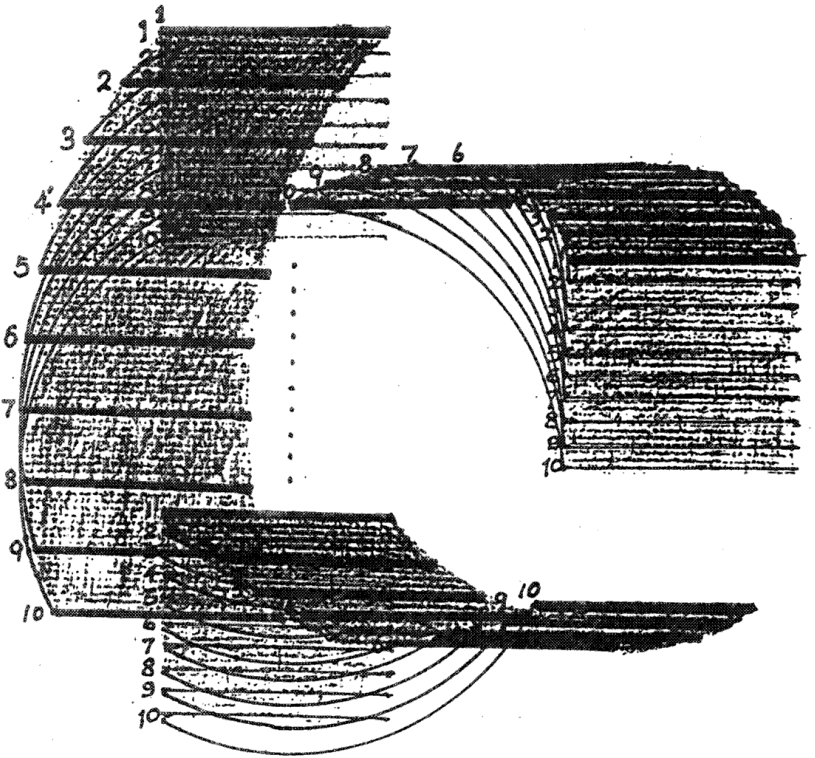
(五) 螢幕畫面之分析：

1. 旋轉鏡反時鐘方向旋轉，鏡中影像亦隨之反時鐘旋轉。螢幕畫面由一條一條掃描線所組成，每一條掃描線，都有極短的時間差，在此時間差中，旋轉鏡也反時鐘方向轉動一小距離。於是，所組成的畫面便會沿反時鐘方向扭轉。
2. 字幕顯示燈也有扭轉之情形，可見同一排字幕中的字其顯現的時間有差

別。

3. 本實驗所分析四種螢幕，其顯像方式都是一頁一頁顯示，且中間都有明顯的暗區，其閃爍程度較一般燈具嚴重，較傷眼睛。

(六)~(九)略



七、結論

- (一)加熱鎢絲發光的燈泡，如一般鎢絲燈、鹵素燈、生化燈等，不會閃爍，但較耗電。
- (二)使用交流電的氣體放電燈，如日光燈管、螢光燈、太陽燈等，都會以 120Hz 的頻率閃爍，且閃爍程度會隨電壓減弱而愈明顯。而所用的螢光劑也會影響閃爍程度。
- (三)超高頻率 (25000Hz) 的氣體放電燈則測不出閃爍，相當穩定。
- (四)各種螢幕閃爍情形都較一般照明設備嚴重，易傷眼睛。
- (五)螢幕畫面是由一條條的水平掃描線由上而下排列而成。
- (六)各種螢幕閃爍頻率均 60Hz。其中以三槍投影之螢幕較不刺眼。
- (七)爲了保護眼睛，儘可能選擇不閃爍或超高頻率或殘光性好的燈具照明。同時，也不要長時間注視螢幕。

八、參考資料

- (一)電子安定器綜論 吳財福、余德鴻 編著

全華科技圖書股份有限公司印行
(二)電工學科總匯 徐雲鵬、蘇金城 編著
欣技出版社印行

評語

1. 本作品以一個具傾斜角度的旋轉平面鏡，來觀察光源之旋轉影像，由影像的環形之明暗間隔及平面鏡轉度，推算光源的閃爍頻率，設備簡單而表達方式生動。
2. 除借以觀察光源之閃爍性之外，也用以觀察電視畫面，而能從呈像上看出掃描方式。
3. 此作品以簡單裝置，完成成像之實驗及完整的成果展示，對於成像原理及閃爍頻率之計算有充份的瞭解，整體而言，是一件相當完整而且生動的作品。