

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

佳作

080303

視機而動－視覺暫留現象探討

學校名稱：屏東縣屏東市歸來國民小學

作者： 小五 李姵諭 小五 謝其均	指導老師： 楊志強 邱惠珠
-------------------------	---------------------

關鍵詞：視覺暫留、動畫

視機而動—視覺暫留現象探討

摘要

進行科學闖關時，製作一種兩面的小扇，快速轉動後，竟然使兩個畫面結合，我們就開始探討這個特別的視覺暫留現象。本次研究內容有：如何形成動態效果的圖像；什麼情況下可以產生動態的感覺。我們的研究結果是：

- 一、畫面在每秒至少呈現 12 張時，較能穩定的產生動態變化的感受。
- 二、在三個畫面變換時，畫面主體位置若相距過遠，就無法感受到動態變化的感覺；若主體位置不變，僅改變主體上的局部畫面時，比較容易產生動態變化的感覺。
- 三、更換畫面速度相同時，分解動作的畫面數愈多，愈能看出連續動態的感覺。
- 四、視覺暫留是一種主觀的感受，有時感覺會因人而異。
- 五、馬達轉速過快時，無法使用肉眼算出轉速，可利用錄製聲音的方式計算速度。

壹、研究動機

科學闖關活動中，其中有一個活動叫做籠中鳥，老師讓我們製作一種兩面的小扇，一面是鳥，另一面是鳥籠。剛開始我們漫不經心的隨意轉動，並沒有覺得什麼特別，老師後來告訴我們旋轉的方法。在快速轉動後，鳥居然被關在鳥籠之中，感覺相當神奇，我們查詢相關的資料後(如附件一)，才知道這個現象叫做視覺暫留，在我們注視一張圖片時，大腦會把眼前的圖像留住約十分之一秒後才消失，所以當我們看著一連串的圖片，大腦就會自動把它們結合在一起，變成一種動作連續的印象。我們曾在四年級學過光的特質，了解到許多有關顏色變化以及光的反射和折射的不同現象，我們想更進一步了解視覺暫留的感受是如何產生？什麼條件下會產生視覺暫留的感覺？很多疑問在我們的腦海裡，因此我們搜集了許多資料，構思並準備了一些圖卡，想要做有關視覺暫留的研究，探討這個有趣的現象。

貳、研究目的

- 一、探討視覺暫留如何形成。
- 二、探討畫面轉動速度的不同對視覺暫留的影響。
- 三、探討畫面主體位置之間的變化對視覺暫留的影響。
- 四、畫面數不同(3~5 張)對視覺暫留的影響。

參、研究設備及器材

1、馬達(固定轉速)	2、變壓器(變化出不同的轉速)	3、有開關的延長線(以利控制馬達開與關)
		
4、電池(提供較弱電壓，以形成較慢的轉速)	5、鱷魚夾(連接馬達與變壓器)	6、眼睛(觀察圖形)
		
7、圖卡(當作實驗主要內容)	8、Mp3(錄製測量轉速時，風被切割的聲音)	9、Audacity-聲音編輯軟體(分析錄製的聲音波長)
		
10、細吸管(圖卡支架)	11、雙面膠(黏合圖卡)	12、長尾夾(增加重量，以減少轉速)
13、剪刀(裁剪圖卡)	14、奇異筆(繪製圖卡)	15、原子筆芯(當作馬達與圖卡的聯結器)

肆、研究過程或方法

一、轉速的控制

我們想透過馬達來達到圖卡穩定轉動速度的控制，於是就開始尋找合適的馬達。到電子材料行詢問，才發現運用在生活上的馬達，轉速都很快，不太符合我們實驗的需求。另外有一種運用在燈籠製作上的慢速馬達，則是轉速太慢(一秒約 2~4 轉)。我們轉向網路搜尋馬達的相關資訊，發現最快的慢速馬達加上變壓器後，轉速大約可以讓我們進行實驗。但在實際測試轉速過後，馬達的轉速仍然未能達到我們實驗的需求。此時，讓我們的實驗陷入瓶頸，在著急不已之時，看見妹妹上回從百貨公司換回的禮物一小電扇，臨機一動請爸爸幫我拆解，經過轉速的測試，速度很適合我們的實驗，於是我們使用電扇的小馬達。經過拆解的風扇馬達很脆弱，在幾次實驗後故障了，所以我們再找了一個轉速適當的馬達，配合可變壓的旋鈕來控制轉速。

	1	2	3	4	5
找到的馬達	電子材料行的馬達	⇒ 慢速馬達	⇒ 慢速馬達+變壓器	⇒ 小風扇馬達+變壓器	⇒ 中速馬達+變壓器+旋鈕
結果	速度太快	速度太慢	部分速度適合	達成實驗需求(但實驗不久後故障了)	達成實驗需求

二、圖卡的安裝

要將圖卡加裝在馬達上，也讓我們花掉很多精力，原本用膠帶固定圖卡的木桿，但是轉動時會晃動不穩定，為了讓圖卡旋轉穩定，我們必須要尋找適當的工具來固定圖卡，但是馬達的末端並沒有現成的零件可以固定圖卡木桿，我們找了各式各樣的管子來套在上面，後來發現可以利用原子筆的筆桿及筆芯來固定木桿，慢速馬達加裝了原子筆管，而小風扇馬達以及中速馬達則是加裝了剪短的原子筆芯，樣子看起來並不是很好看，但能讓我們繼續進行實驗。最後的結果如下圖一、二。



圖一 慢速馬達加上原子筆管



圖二 小風扇馬達加裝剪短的原子筆芯

三、畫面轉動的速度計算

裝上圖卡後，首先遇到的問題就是如何測量馬達轉動的速度，每秒1~3圈時，還可以用肉眼來計算，但是超過每秒4~5圈時，就無法準確的計算，於是討論要如何克服這個問題。

慢速馬達的轉速測量，我們將圖卡一面貼上紅點貼紙，每個人看了一分鐘，計算看到紅點的次數後加以平均，計算出轉速(如表一)。由於慢速馬達是低轉速，我們可以用目測的方式加以計算轉速，但是用小風扇的馬達時，轉速變快了許多，目測就變得有些困難。一開始我們先用竹籤接觸圖卡邊緣，由於圖卡接觸竹籤時會產生聲音，透過聲音的錄製再來計算轉速，但是這個方法卻因為使用竹籤去接觸圖卡，而影響馬達的轉速。後來我們想到在電扇前吹風時，如果講話聲音會好像被切斷的感覺，於是我們利用這個的原理，在轉動的圖卡旁發出嘶~的聲音(如圖三)，再藉由錄音程式協助，分析所錄製聲音的波動，我們計算三秒內音質圖型的起伏次數(在此呈現一例，如圖四)，做為分析次數的依據，再計算出每分鐘的轉速(如表二)。



圖三 透過發出嘶的聲音，測量轉速

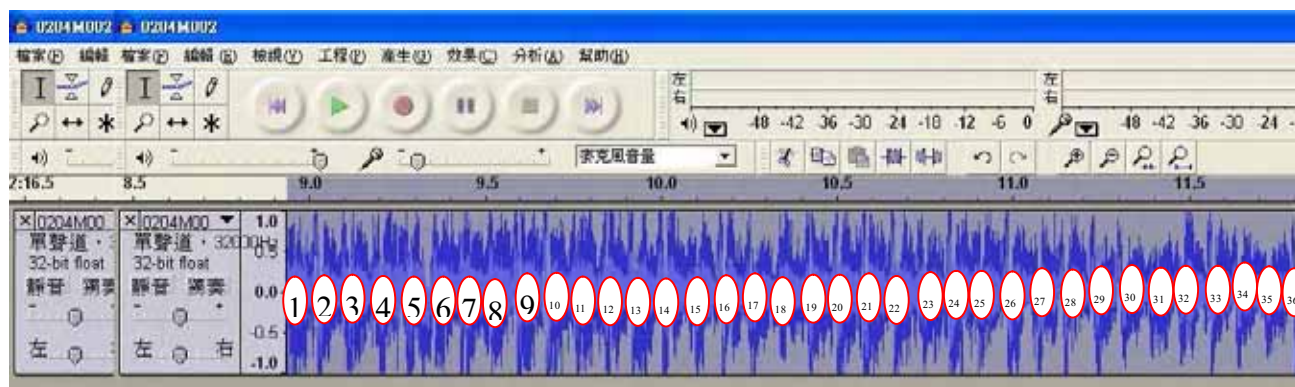
表一 慢速馬達的轉速表

計算的人及平均 伏特數	第一人	第二人	平均每分轉速	每秒轉速	每秒畫面數
9	120	124	122	2.0	4
3	62	62	62	1.0	2

此外，低速馬達最快可達每秒2轉，但是小風扇的馬達最慢卻是每秒5轉，兩者相差不少，於是我們要設法增加低速馬達的轉速或減少小風扇馬達的轉速，經過測試的結果，我們發現小風扇馬達在負重時，轉速會變慢，於是我們在圖卡上分別加上一個小的長尾夾、三個小的長尾夾、一個小的二個中的長尾夾、一個小的和二個大的長尾夾，以求得介於每秒5轉和每秒2轉之間的轉速，各項測試音質圖型請見附件二。

表二 小風扇的馬達轉速表

計算時間及次數 伏特數	三秒內發出 聲音次數	每秒轉數	每秒畫面數
3	36	6.0	12
1.5	32	5.0	10
1.2-3(一小)	25	4.0	8
1.2-3(一小二大)	19	3.0	6



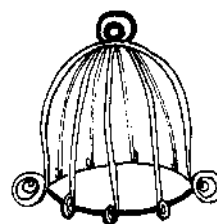
圖四 3V(三秒鐘內的音質圖型)

四、圖卡設計

在畫面圖形的設計，我們討論的結果認為，鳥+籠→籠中鳥，可以使觀看的人很明確的說出圖形的內容，於是以前鳥和鳥籠當作圖形的主題。我們也發現這個鳥和籠這二個主題，融合起來可以使人產生鳥被關在籠子中的聯想，但是在製造的細節上，要考慮到鳥的大小(鳥必須小於籠子)以及位置(鳥與籠子的位置相同)要等問題，如此轉動後才能看到籠中鳥的畫面。

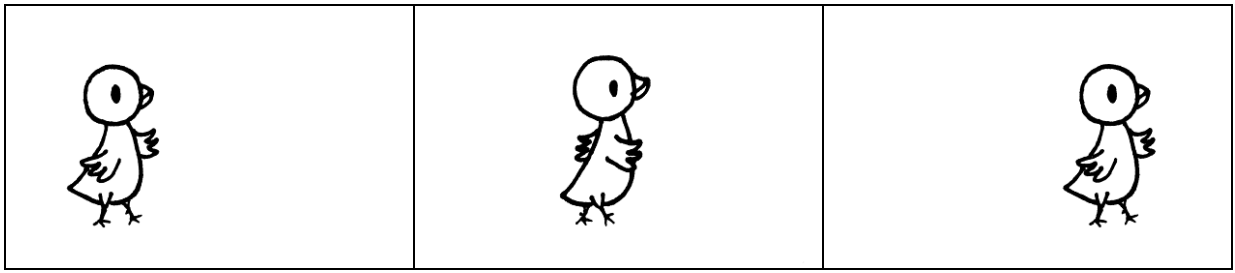


圖五 鳥的圖卡

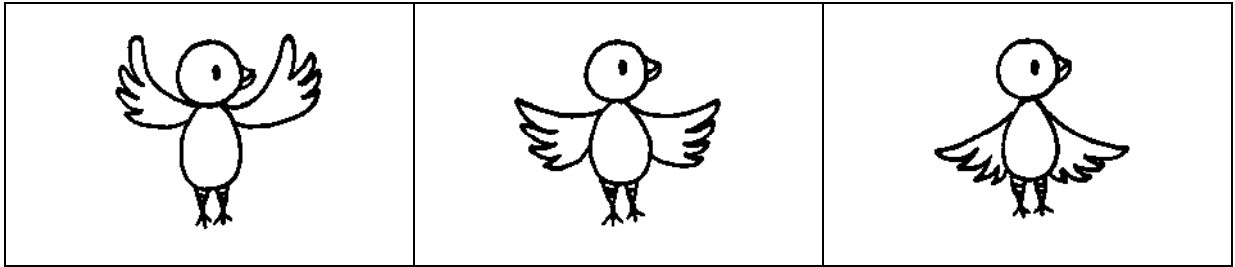


圖六 鳥籠的圖卡

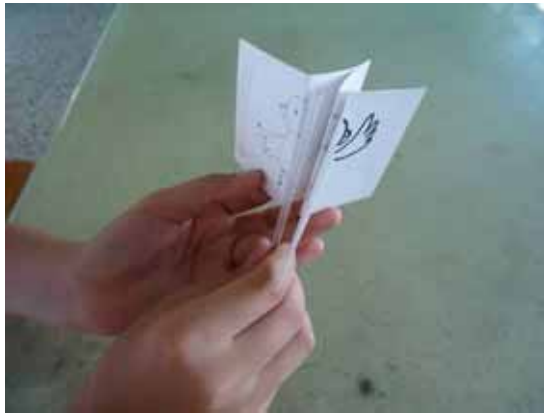
延續上一個的主題，我們想藉由畫面位置的變化時是否產生動畫的感覺，於是將畫面設計為：鳥由左至右移動(如圖七)，以及鳥在原地上下擺動翅膀(如圖八)。我們再將各張圖卡對折後相互黏貼，組合成立體的旋轉圖卡。(如圖九、十)



圖七 主體畫面移動—鳥由左至右移動



圖八 主體畫面不動，僅有局部動作改變

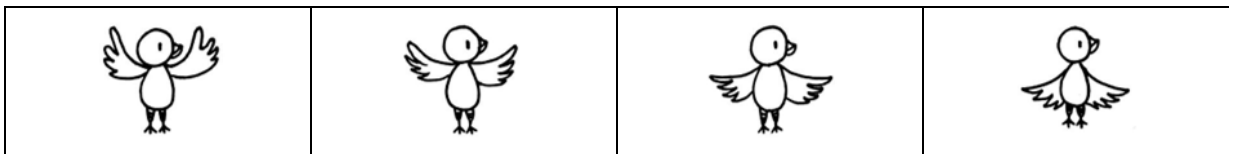


圖九 黏貼立體旋轉圖卡

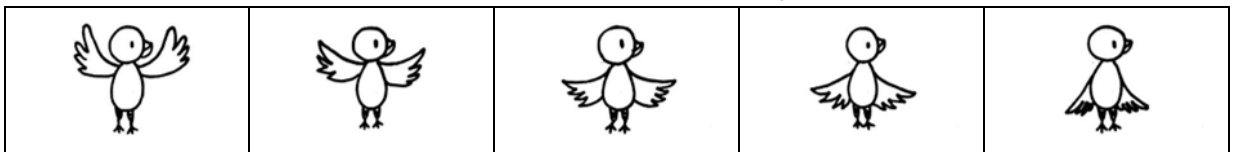


圖十 組合立體旋轉圖卡

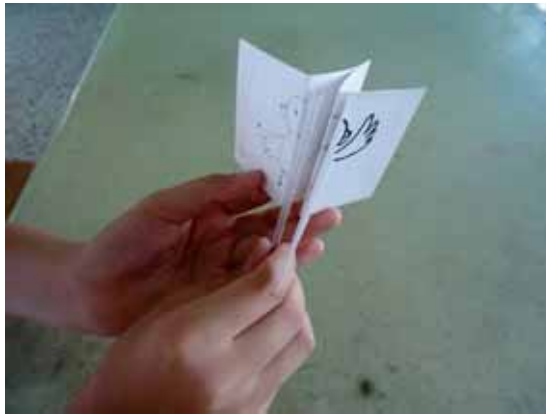
最後，我們想要了解同一個動作，分解成不同畫面數，動畫呈現的效果是否會有所不同，將上個主題中，鳥在原地上下擺動翅膀，畫面增加為四張圖卡(如圖十一)及五張圖卡(如圖十二)，分別進行實驗。各張圖卡對折後相互黏貼，組成立體的旋轉圖卡。(如圖十三、十四)



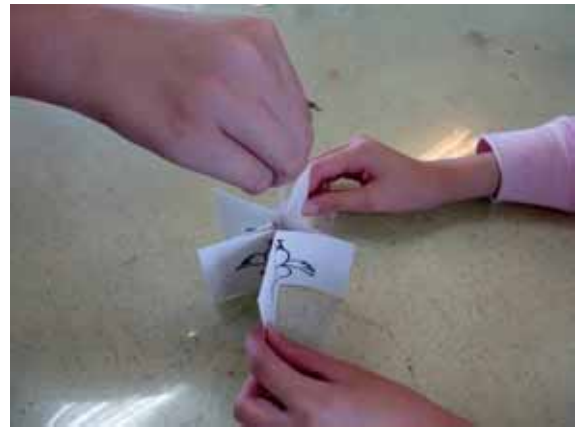
圖十一 四張立體旋轉圖卡



圖十二 五張立體旋轉圖卡



圖十三 組合立體旋轉圖卡



圖十四 組合五張圖的立體旋轉圖卡

五、設計問卷與施測

在實驗設計的過程中，發現每個人對畫面變化感覺不太一樣，於是我們想藉由與問卷的方式收集其他人的看法。我們先在小組中討論問卷的選項，再請教老師的意見，最後擬定出幾個想法，設計出一個感覺問卷。初稿完成後，從班上同學中隨意抽選二位男生及二位女生，來協助進行預測，完成後再進行問卷修改，最後完成視覺暫留感覺問卷(如附件三)。

在正式實驗進行時，我們從三、四、五年級尋找施測的對象，各年級隨機抽選10位同學，男生5人、女生5人，共30位同學來進行施測。為了確保施測時大家看到東西是相同的，我們分6梯次進行施測，每梯次請五位同學圍成一圈坐在一起，然後一起看中央桌子上的畫面轉動情況(大約維持十秒)(如圖十五、十六)，再填寫問卷，選出所看到的感覺選項。接著，再切換不同的轉速或更換畫面設計，重覆進行，請同學將感覺填寫出來。



圖十五 第一組進行問卷施測



圖十六 第二組進行問卷施測

六、實驗的進行

在進行相關的資料蒐集和準備好材料之後，我們決定從畫面轉動的速度、畫面主體位置、畫面數這三個方面來進行視覺暫留的研究，探討這些因素是如何影響視覺暫留的感覺。

研究一：畫面轉動速度的不同對視覺暫留的影響

(一)說明

當用手轉動鳥與籠的兩面圖卡時，我們發現畫面有時轉得太慢，無法產生籠中鳥的畫面，稍微轉得快一些，就能夠產生鳥關在籠中的畫面。但是要轉到多快，轉速是多少，才能產生鳥關在籠中的畫面感受？所以我們想藉由馬達來控制畫面旋轉的速度，分別實驗畫面每秒呈現12張圖、10張圖、8張圖、6張圖及4張圖，觀察圖形有沒有產生鳥關在籠中的畫面感受。

(二)實驗步驟

- 1、將圖卡裝在馬達上。
- 2、設定變壓器，開起電源。(如圖十七、十八、十九)
- 3、請同學觀察圖形，並討論圖形有沒有產生鳥關在籠中的畫面感受。(如圖八)



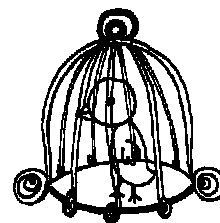
圖十七 每秒呈現12張圖



圖十八 每秒呈現8張圖



圖十九 每秒呈現6張圖



圖二十 籠中鳥的圖形

研究二：畫面主體位置之間的變化對視覺暫留的影響

(一)說明

我們從研究一發現，畫面轉動速度達到每秒12張圖時，較能穩定的產生視覺暫留的感受，所以我們進一步製作三張圖卡所組成的動畫，研究圖卡中畫面的主體位置會不會影響視覺的感受，圖卡是否有連續動作的感覺。在轉速每秒12張圖的條件下，分別進行：1、主體畫面移動。2、主體畫面不動，僅有局部動作改變的實驗。

(二)實驗步驟

- 1、將圖卡裝在馬達上。
- 2、設定畫面轉速為每秒12張，開起電源。
- 3、請同學觀察圖形(如圖二十一)，並討論圖形有沒有產生鳥移動的畫面感受。
- 4、更換圖卡並重複步驟2。
- 5、請同學觀察圖形(如圖二十二)，並討論圖形有沒有產生鳥揮動翅膀的感受。



圖二十一 主體畫面移動實驗



圖二十二 主體畫面不動，
僅有局部動作改變實驗

研究三：畫面數不同對視覺暫留的影響

(一)說明

由研究二發現主體畫面不動，僅有局部動作改變的情況下，會產生較明顯動畫的感覺，比較能夠看出小鳥揮動翅膀的連續動作，但是同一個動作(小鳥飛動)，如果畫面數不同，是否會影響畫面的呈現，因此我們進一步研究畫面數的增加是否會影響視覺暫留的感受。

(二)實驗步驟

- 1、將圖卡加裝在馬達上。
- 2、固定轉速，開起電源。

- 3、請同學觀察圖形(如圖二十三), 並討論圖形有沒有產生鳥揮動翅膀的感受。
- 4、更換圖卡並重複步驟2。
- 5、請同學觀察圖形(如圖二十四), 並討論圖形有沒有產生鳥揮動翅膀的感受, 比較二次實驗的結果, 視覺的感受有何不同。



圖二十三 四張圖卡的實驗



圖二十四 五張圖卡的實驗

伍、研究結果與討論

在所有施測結束後，收集所有問卷，將大家的選項進行統計，分析結果。我們依研究目的的順序，將研究結果與討論內容呈現如下。

一、畫面轉動速度的不同對視覺暫留的結果與討論

(一)結果

依據表三的問卷統計表資料顯示，在每秒呈現12張圖時，30位同學，都能看出籠中鳥的圖形。每秒呈現10張圖時，有19位同學能看得見籠中鳥。每秒8張圖時，就只剩下9人可以看得見籠中鳥。每秒呈現6張圖及4張圖時，這30位同學都無法看出籠中鳥的圖案。

表三 不同畫面轉動速度問卷統計表

	每秒 12 張圖	每秒 10 張圖	每秒 8 張圖	每秒 6 張圖	每秒 4 張圖
一面是籠子， 一面是鳥	0 人	11 人	21 人	30 人	30 人
一隻鳥被關在 籠子裡。	30 人	19 人	9 人	0 人	0 人
其他：	0 人	0 人	0 人	0 人	0 人

(二)討論

依據所查到的資料，至少要每秒呈現10張圖以上視覺暫留的感覺比較明顯。但是在實驗中每秒呈現8張圖時，還有9位同學，看見了籠中鳥的情形，產生了畫面結合的感受。超過每秒10張圖，畫面結合的感受越明顯，當每秒的畫面少於6張圖時，畫面結合的感覺就比較不容易感覺到。

二、畫面主體位置之間的變化對視覺暫留的結果與討論

(一)結果

1、主體畫面移動(鳥由左至右移動)—每秒呈現 12 張圖

依據問卷統計的結果顯示(如表四)，30 位同學中感覺有連續動作的人只有 6 人。

有 24 位同學看見的畫面是有三隻鳥在不同的位置。

表四 主體畫面移動問卷統計表

	三年級	四年級	五年級	總計
鳥在移動，感覺有連續動作。	2 人	3 人	1 人	6 人
三隻鳥在不同位置。	8 人	7 人	9 人	24 人
其他：	0 人	0 人	0 人	0 人

2、主體畫面不動，僅有局部動作改變(鳥在原地上下擺動翅膀) —每秒呈現 12 張圖

依據問卷統計的結果顯示(如表五)，30 位同學中有 27 位同學看見了鳥飛動的連續動作，有 3 位同學看見了三隻動作不同的鳥。

表五 主體畫面不動，僅有局部動作改變問卷統計表

	三年級	四年級	五年級	總計
鳥在飛動，感覺有連續動作。	8 人	10 人	9 人	27 人
三隻動作不同的鳥。	2 人	0 人	1 人	3 人
其他：	0 人	0 人	0 人	0 人

(二)討論

在這個實驗中，主要探討畫面主體移動以及畫面局部變化，兩種不同的呈現方式，在相同的速度下是否有不同視覺的感受，結果發現，主體位置移動位置時，比較無法產生連續動作的感覺，若僅有局部位置變化時，則連續動作的感覺會比較明顯。

三、畫面數不同對視覺暫留的結果與討論

(一)結果

1、四張圖卡

依據問卷統計的結果顯示(如表四)，有 28 位同學可以看出呈現的畫面是鳥在飛動，只有 2 位認為是四隻不同動作的鳥。和三張圖卡的比較中，有 27 人覺得四張圖卡的動作來得比 3 張圖卡流暢，有 3 位同學覺得畫面沒有比較流暢(如表七)。

表六 四張圖卡第一題問卷統計表

	三年級	四年級	五年級	總計
鳥在飛動，感覺有連續動作。	9 人	10 人	9 人	28 人
四隻動作不同的鳥。	1 人	0 人	1 人	2 人
其他：	0 人	0 人	0 人	0 人

表七 四張圖卡第二題問卷統計表

鳥在飛動的動作， 有比三張圖卡的流暢嗎？	有	沒有
人數	27 人	3 人

2、五張圖卡

依據問卷統計的結果顯示(如表八)，30 位同學中有 29 位同學看見鳥在飛動，呈現連續動作，有 1 人看見五隻動作不同的鳥，與四張圖卡的比較中的問卷中，29 位同學認為五張圖卡比四張圖卡的畫面來得流暢，只有 1 人感覺沒有比較流暢(如表九)。

表八 五張圖卡第一題問卷統計表

	三年級	四年級	五年級	總計
鳥在飛動，感覺有連續動作。	10 人	10 人	9 人	29 人
五隻動作不同的鳥。	0 人	0 人	1 人	1 人
其他：	0 人	0 人	0 人	0 人

表九 五張圖卡第二題問卷統計表

鳥在飛動的動作， 有比四張圖卡的流暢嗎？	有	沒有
人數	29 人	1 人

(二)討論

在畫面數的實驗中，多數的受試者的選項大多相同，在實驗中我們呈現較能產生視覺暫留的情形。而且不會因為畫面數增加了，讓同學產生過多的圖像。在同一轉速中，動作的改變，如果分解成越多畫面，可以讓人更有連續性的感覺。如果動作變化沒分解細微，就不易讓人有連續動態的感受。這也告訴我們，如果要將連續動作完美的呈現，
可以將動作分解成較多畫面。

陸、結論

- 一、畫面在每秒至少呈現 12 張時，較能穩定的產生動態變化的感受。
- 二、在三個畫面變換時，畫面主體位置若相距過遠(兩個畫面不在相同位置時)，就無法感受到動態變化的感覺；若主體位置不變，僅改變主體上的局部畫面時，比較容易產生動態變化的感覺。
- 三、若更換畫面的速度相同時，分解動作的畫面數愈多，愈能看出連續動態的感覺，分解動作的畫面愈少時，較無法呈現連續動態的感覺。
- 四、視覺暫留是人類視覺的一種現象，可以運用來使不同的畫面呈現出連續動作或融合的感覺，而畫面呈現的效果感覺有時會因人而異。
- 五、由於馬達轉速過快，無法使用肉眼計算出轉速，可以利用錄製聲音的方式，計算畫面的變換的速度。

柒、研究心得與建議

一、馬達轉動速度控制以及計算

一開始我們為了控制轉速傷透腦筋，原本用手去轉動，效果最好，但是卻無法控制以及知道轉動速度，讓我們在這一項實驗因素控制上做了好幾天，差一點無法完成實驗。還好後來想到用馬達來代替手的旋轉，但是將圖片固定在馬達上，卻發現圖片常常會晃動，造成速度不穩，也看不出圖片的連續變化的感覺。因此，又得設計出固定圖片的方式，以及速度的控制方式。在用吸管及筆心固定圖片的桿子後，加上多段式變壓器，終於可以獲得比較固定的速度。但是卻由於使用固定多段式變壓器，因此馬達轉速僅能固定在幾個速度之間，若可以嘗試以無段式的變壓器來實驗，調控馬達的轉速，使實驗結果可以獲得更好的控制。

另外，用馬達可以調控速度，但是如何計算轉速卻成了另一個問題，還好我們藉由生活中的經驗(曾在電扇前說話)，再加上有錄音軟體及工具的分析，順利地解決這個困難。我們很高興從實驗過程中，額外發現了這個計算馬達轉速的方法，說不定將來遇到使用馬達以及計算轉速時，也能派得上用場。

二、圖片動作變化的設計

進行實驗一開始，我們花了許多時間在設計圖片的動作以及格式(如圖二十五)，從單一個支撐桿一張 2 面的圖卡到 6 面的圖卡，也試著找出連續動作中的圖片差異程度到何種地步才能產生動畫的效果。但是製作困難，因素也不易控制，多面圖卡在轉動時，每一面所呈現的時間不一致，幾經波折後，才決定對幾個固定因素(速度、圖卡面數 2~5 面、圖卡主體距離)作出控制及實驗，觀察不同因素下影響視覺暫留的情況，這麼多要小心的地方，也讓我們嘗試了好幾次，才將實驗完成。



圖二十五 實驗過程中我們曾經設計過的立體旋轉圖卡

三、視覺是一種主觀的感受，會因人而有所不同

視覺暫留是人類視覺的一種特別的現象，可以運用來使不同的畫面呈現出連續動作或融合的感覺，而畫面呈現的效果感覺有時會因人而異。進行研究時，常常因為對某個轉速下的感覺不同，無法確定所有人對視覺暫留的感覺是否一致，而對於結果有所爭議。因此藉由調查多數人的看法(問卷調查的方法)，獲得多數人對於相同一個現象的觀察結果，結果發現大家對於同一個現象的看法並不一定完全相同，但是有一定的範圍，即使有差異卻不會太多。這也讓我們學習到科學研究的過程中，當研究的主題涉及到個人感官的時候，往往不是藉由儀器的測量能夠解決的，透過問卷或口頭詢問的方式，也是一個找出解答的方法。至於針對視覺暫留的感受這個研究能否找出一個更客觀的方式，也是值得日後再設法進一步去探究與思考的。

捌、參考資料

2008 視覺暫留科學實驗(2009 年 7 月 29 日)。遊戲學堂 be good educational school。取自：

<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!n5vNbZ.cHwXNnjJQ4uoiuw--/article?mid=824>

視覺暫留(2008 年 11 月 21 日)。維基百科。取自：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%A6%96%E8%A6%BA%E6%9A%AB%E7%95%99>

視覺暫留的費納奇鏡(2010 年 8 月 19 日)。阿簡的生物筆記。取自：

<http://a-chien.blogspot.com/2010/08/blog-post.html>

動畫形成的原理和費納奇鏡以及視覺暫留(2010 年 11 月 20 日)。科學遊戲部落格。取自：

[http://tw.myblog.yahoo.com/jw!AqhQe1WeGxzCWnWr4cm8vRpD/article?mid=-2&prev=26479
&l=a&fid=44](http://tw.myblog.yahoo.com/jw!AqhQe1WeGxzCWnWr4cm8vRpD/article?mid=-2&prev=26479&l=a&fid=44)

康軒(2012)。四上自然領域課本。第三單元奇妙的光。

Phenakistoscope . from <http://www.mhsgent.ugent.be/engl-plat5.html>

附件一 文獻資料

我們研究的主題與視覺暫留及動畫有關，我們就針對視覺暫留與動畫兩個主題查詢了相關資料，結果發現如下：

一、視覺暫留

物體在快速運動時，當人眼所看到的影像消失後，人眼仍能繼續保留其影像，約 0.1 秒～0.4 秒左右的圖像，這種現象被稱為視覺暫留現象。生活中有許多視覺暫留的例子，例如：動畫、電影、走馬燈、煙火、行人號誌等。人的眼睛觀看物體時，物體會形成圖像於視網膜上，並經由視神經輸入人腦，感覺到物體的圖像，但當物體移開時，視神經對物體的印象不會立即消失，而會延續 0.1 秒～0.4 秒的時間。我們日常使用的日光燈，其實每秒大約熄滅 100 餘次，但我們幾乎感覺不到日光燈的閃動，這都是因為視覺暫留的作用。視覺暫留是人類眼睛的一種生理機能，要達成最基本的視覺暫留效果至少需要 10fps(fps—畫面更新率：每秒出現幾張畫面)。

二、動畫原理

據說，視覺暫留的現象首先是被中國人發現，走馬燈便是據歷史記載中最早的視覺暫留運用物品。宋朝時已有走馬燈，當時稱「馬騎燈」。隨後法國人保羅·羅蓋在 1828 年發明了留影盤，在圓盤一個面畫了一隻鳥，另一面畫了一個空籠子。當圓盤旋轉時，鳥在籠子裡出現了。

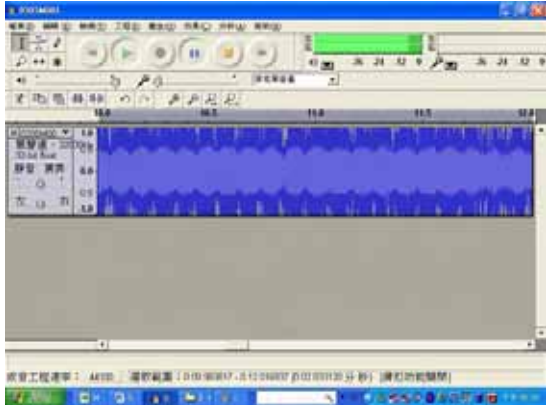
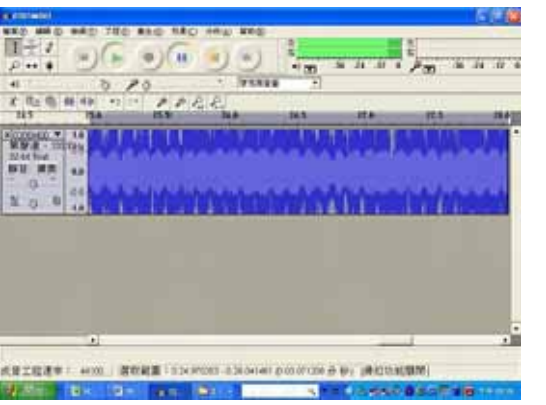
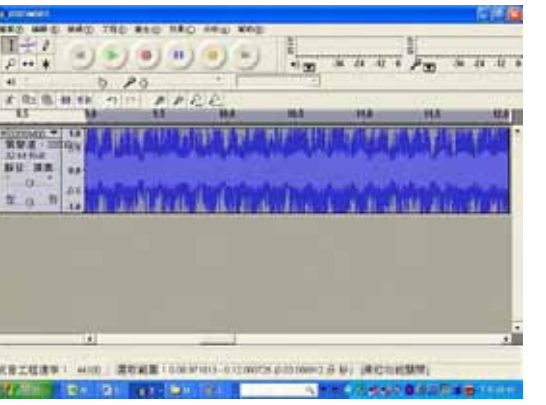
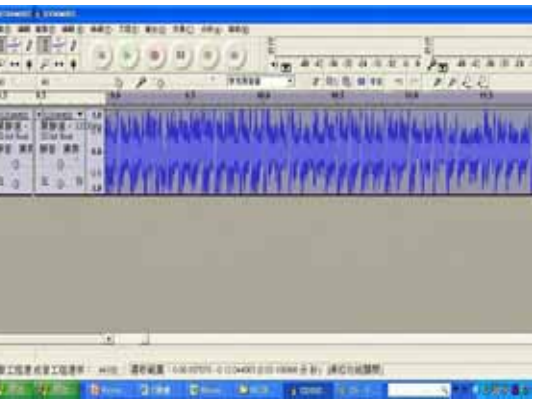
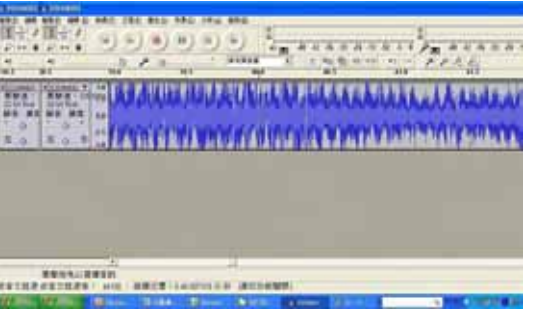
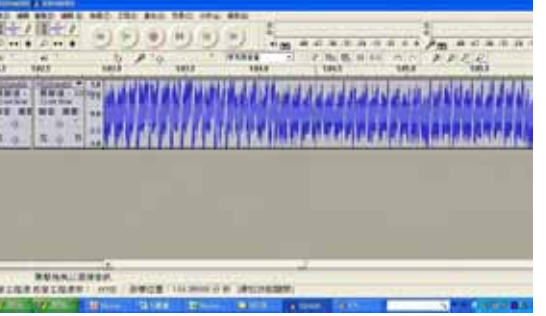
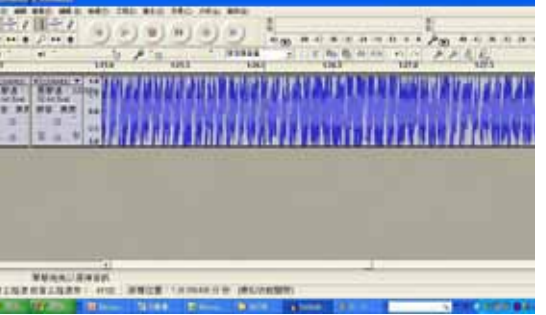
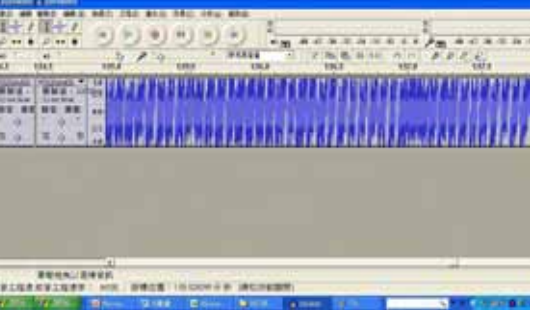
1832 年比利時科學家約瑟夫·普拉陶(Joseph Plateau)和奧地利科學家西蒙·馮施坦普費爾(Simon von Stampfer)發明費納奇鏡(Phenakistoscope)，他們在碟片上圍繞中心繪製了一系列的圖片，是動畫的對應的畫面，圖片的周圍是一系列狹縫。使用者旋轉碟片，通過移動的狹縫看碟片在鏡子裡的反射。這樣，使用者看到圖片接連出現，由於視覺暫留，得到連續播放效果(如圖一)。



圖一 費納奇鏡 (取自 <http://www.mhsgent.ugent.be/engl-plat5.html#top>)

一般而言，動畫是以一定的速度連續播放許多幀靜止畫面如每秒 16 張，眼睛因視覺暫留而產生連續畫面之現象。為了得到活動的畫面，每個畫面之間都會有細微的改變。但是變化的情況則要看想要呈現的動作而有所不同，例如，如果想呈現快跑的畫面，則在相同時間內，每個畫面會相對的比慢跑變化較大。

附件二 馬達轉速分析圖

	
<p>1.2v</p>	<p>1.2v+1長尾夾</p>
	
<p>1.2v+3個長尾夾 (一小二中)</p>	<p>3v</p>
	
<p>4.5v</p>	<p>6v</p>
	
<p>7.5v</p>	<p>9v</p>

附件三 視覺暫留感覺問卷

您好，我們正在進行一項有趣的實驗，為了知道結果，請您協助進行部份的實驗。這並不是考試，請您不要緊張，只要簡單回答問題即可。

這是一個轉動的圖片設計，請您依照您所看的現象，勾選出適合的回答：

第一題：<<呈現籠子鳥兩面圖>>

請問你可以看到的是：

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
一面是籠子，一面是鳥					
一隻鳥關在鳥籠裡					
其他：					

第二題：<<呈現鳥移動三面圖>>

請問您可以看到的是：

鳥在移動，感覺有連續動作。 三隻鳥在不同位置。 其他：_____

第三題：<<呈現鳥飛動三面圖>>

請問您可以看到的是：

鳥在飛動，感覺有連續動作。 三隻動作不同的鳥。 其他：_____

第四題：<<呈現鳥飛動四面圖>>

1、請問您可以看到的是：

鳥在飛動，感覺有連續動作。 四隻動作不同的鳥。 其他：_____

2、這一次看的鳥在飛動的動作，有比三面圖卡的流暢嗎？

有 沒有

第五題：<<呈現鳥飛動五面圖>>

1、請問您可以看到的是：

鳥在飛動，感覺有連續動作。 五隻動作不同的鳥。 其他：_____

2、這一次看的鳥在飛動的動作，有比四面圖卡的流暢嗎？

有 沒有

【評語】 080303

1. 問題的特異性高，實驗設計能針對問題有條理地解決。
2. 能利用並改良日常生活用品當作實驗器材，具有創意。
3. 因視覺暫留是已知的現象，若能設計其他實驗比較視覺暫留現象在已接受神經刺激性的食物，如：咖啡或茶的人中是否有不一樣的反應，將有更大的發展性。