中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組物理科

080121

屏東縣鹽埔鄉鹽埔國民小學

指導老師姓名

李采裹

曾敬明

作者姓名

楊汭翰

陳品宏

陳璽安

蕭伊晴

壹、摘要：

二年級時，我們學過影子的形成，但生活中光影的變化，卻遠比課本所提的更加複雜、生動。因此，本研究針對光影作一系列觀察、研究，探討「點光源」、「柱狀光源」及「透明物體」下，光影的形式及色彩關係，結果發現：

一. 影的形狀、樣式會隨光源位置、物體形狀而改變。

二. 多重光源下，隨光源相隔角度的不同，影子重複交疊。

三. 兩種以上色光下，影子不只是黑色。由於色光交錯，多個色影交疊，影區外則出現色光疊合。

四. 柱狀光源可視為一連串的點光源，因此影子邊緣變成模糊交疊的淡影。多色柱狀光，影更複雜，影色交錯成彩虹般的漸層。

五. 透明玻璃也有影子，只是較模糊不易觀察。毛玻璃、彩色膠片因光部分或全部被阻隔，影模糊且影色彩疊合出的影色更複雜。

貳、研究動機：

在生活中充滿光影變化，舞台上、相片中、圖畫裡……，但「光」對我們卻是既熟悉、又陌生。我們瞭解基本的光影現象，但是對於如：「不同方向光照物體，影子……？」、「不同色光照物體時，影子……？」這些問題，大家卻從沒有用心的想過、觀察過。

因此，我們決定設計一連串的研究，好好探究一下我們身邊這千變萬化的光影世界。

參、研究目的：

為充分瞭解各種光影變化的情形，我們擬定研究計畫如下：

一. 單一光源時光與影子的變化。

二. 多重光源時光與影子的變化。

三. 光源色彩與影子的變化。

四. 柱狀光源時光與影子的變化。

五. 透明物體的光影的變化。

肆、研究器材及設備：

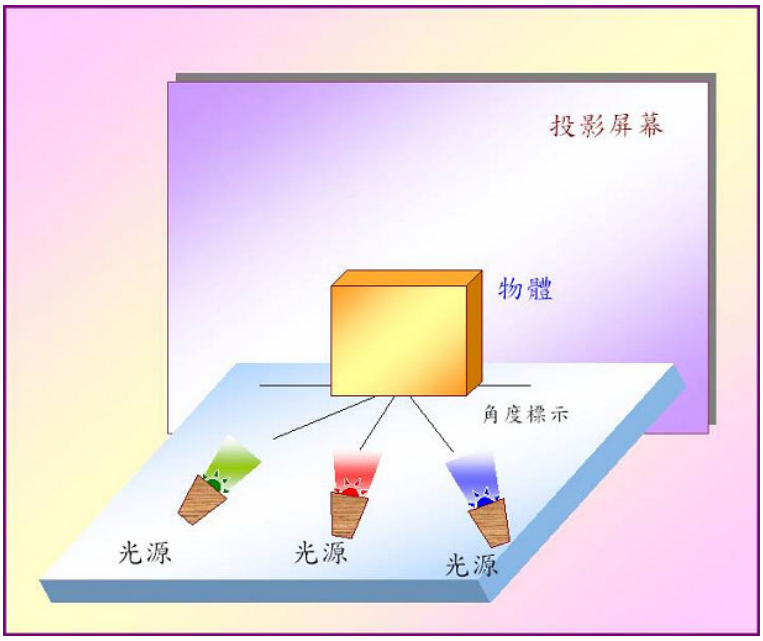
本研究實驗器材如下：

1. 角柱、角錐、球體。
2. 燈泡（點光源）。
3. 燈管。
4. 透明玻璃
5. 毛玻璃
6. 玻璃紙
7. 彩色膠片。
8. 投影屏幕。
9. 角度標示板。

為確定光影的位置，我們將透明膠膜每 10°一格，繪製成角度標示板，可較具體敘述光影的位置關係。

一般使用光源有「燈泡」及「燈管」兩種形式，分別為：「點光源」及「柱狀光源」，我們將於本研究中同時探討這兩種光源之光與影的關係。

為減少環境中不明光源影響，我們在視聽教室進行研究，利用其投影屏幕，也可得到較佳的效果。



伍、研究方法及過程：

研究一：單一光源時光與影子的變化

器材：

1. 燈泡
2. 柱體、椎體、球體。
3. 角度標示板。
4. 投影屏幕。

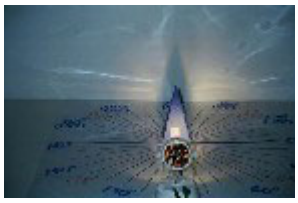
方法：

觀察下列情形下光與影子的變化：

1. 物體形狀不同時。
2. 光源與物體距離不同時。
3. 光源放置角度不同時。
4. 光源位於不同空間時。

結果：

一. 不同形狀物體。

			
● 平面物	● 柱體	● 球體	● 椎體

二. 光源與物體距離不同時。

● 10 公分	● 30 公分	● 50 公分	● 70 公分

三. 光源角度不同時。

● 0 度	● 30 度	● 45 度	● 60 度
● 90 度	● 120 度	● 150 度	● 180 度

四. 光源於不同空間時。

● 正前方	● 正前方，上方 45 度	正上方 90 度
● 右 45 度，上方 45 度	● 右 90 度，上方 45 度	● 左 45 度，上方 45 度
● 左 90 度，上方 45 度		

討論：

1. 物體形狀不同，影的形狀也不同，影的形式反映物體形狀。
2. 光與物距離改變，影的形狀不變，但大小隨距離拉長變得比較小，顏色也漸由濃轉淡。
3. 影的位置隨光源角度改變，由角度標示發現，光與影相隔 180 度：

（1）光在 0 度角，影在 180 度處。

（2）光在 30 度角，影在 210 度處。

（3）光在 60 度角，影在 240 度處。

（4）光在 90 度角，影在 270 度處。

（5）光在 120 度角，影在 300 度處。

（6）光在 180 度角，影在 360 度處。

4. 光源在不同空間時，影除位置改變外，大小形狀都略有差異：

（1）「正前方」: 影在物體正後方，正好投影在屏幕上。

（2）「斜上方」: 影變得較短，顏色較濃，位置由屏幕移到物體下方。

（3）「正上方」: 影最短小，顏色最濃，位置在物體正下方。

二年級時，我們學到：***「光照不到之處便會產生影子」***，但我們無法看到光的傳遞。因此，我們以毛線替代看不見的「光徑」。

拉線後，我們印證:「影為光無法照到之處」。因此，影反映物體的形狀，光源位置變化，影位置隨之改變。

本研究探討單一光源時影子，但若有多個光源時影究竟會如何變化？我們將在研究二中討論。

研究二：多重光源時光與影子的變化

器材：

1. 燈泡。
2. 柱體。
3. 角度標示板。
4. 投影屏幕。

方法：

觀察下面情形下光與影的變化：

1. 兩光源時。
2. 三光源時。

結果：

一. 兩光源時：

● 0 度	● 30 度	● 45 度	● 60 度
● 90 度	● 120 度	● 135 度	● 180 度

二. 三光源時：

● 0 度	● 15 度	● 30 度
● 45 度	● 60 度	● 90 度

討論：

多個光源時，光影的變化非常有趣，研究結果發現：

1. 兩點光源時：
   （1） 0 度：影是一濃濃黑影，兩旁有模糊淡影。
   （2） 30 及 45 度：屏幕中濃影範圍變窄，兩旁模糊淡影變大，約略看出是兩個影子交疊所致。
   （3） 60、90、120 及 135 度：已可看出兩淡影是兩道光源所分別產生的。角度加大更明顯，可更清楚觀察到。
   （4） 180 度：屏幕、桌面都無影子。

拉線後發現：兩點光源，產生兩不同光徑，影交疊後，中間濃影是「***兩光都照不到***」的範圍，而「***一光照不到***」範圍形成較淡的影。

2. 三點光源時：

（1） 0 度：一濃濃黑影，兩側有模糊的淡影區塊。

（2） 15 度：影有三種濃淡分佈，像三明治般——中央為一窄範圍最深色濃影；兩旁各有一稍淡、稍較模糊的影；最旁邊則是兩更淡、更模糊的影。

（3） 30、45 度：可看出三影交疊，中央深色濃影消失，剩兩種較淡色影疊成條紋狀。

（4） 60 度：可看出三個影是由三不同光源所產生，交疊成條紋狀。

（5） 90 度：僅屏幕正中央有一個影子，但顏色較淡。

三個點光源，產生三種光徑。拉線後，我們觀察到光徑交錯：中央最濃最深是：「***三光都照不到***」的範圍；兩旁稍淡是：「***兩光照不到，只有一光照到***」的範圍，旁邊最淡影則是：「***只有一光照不到***」的範圍。

從上面結果，我們推論：光源與影的數量相同。生活中，由於我們看不到的光徑的互交錯使影交疊，因而感覺影是深淺不一的一大片。

但是，若光源顏色不同，影將怎麼變化呢？我們將於研究三中加以探討。

研究三：光源色彩與影子的變化

器材：

1. 燈泡。
2. 柱體。
3. 玻璃紙。
4. 角度標示板。
5. 投影屏幕。

方法：

觀察下列情形下，光影變化情形：

1. 不同單一色光時。
2. 兩不同色光時。
3. 三不同色光時。

結果：

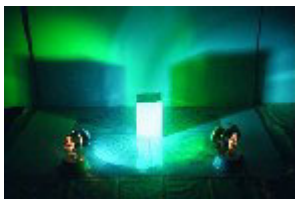
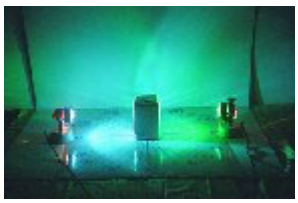
一. 不同單一色光時：

● 紅	● 藍	● 綠

二. 兩不同色光時：

● 紅、藍光 0 度	● 30 度	● 60 度

● 90 度	● 120 度	● 180 度

● 紅、綠光 0 度	● 30 度	● 60 度	● 90 度
● 120 度	● 180 度	● 藍、綠光 0 度	● 30 度
			
● 60 度	● 90 度	● 120 度	● 180 度

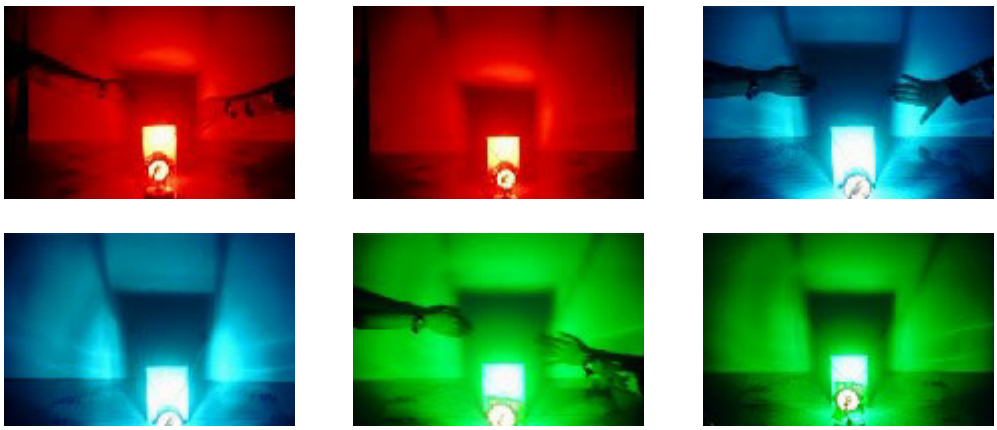
三. 三不同色光時：

● 紅藍綠 0 度	● 15 度	
● 30 度	● 60 度	● 90 度

討論：

光源色彩不同時，由於色光交互作用，影變得更複雜，也更有趣：

1. 無論光色為何，單一色光下，影均為黑色。



2. 兩不同色光時，影色交疊更複雜，以「紅光、藍光」為例，說明影色變化：
   （1） 紅、藍光交疊成淡淡的桃紅色照在物體上。
   （2） 0 度：為一濃黑影，兩旁各有一紅色及藍色模糊色影。
   （3） 30 度：影子像三明治般，黑影範圍變窄，兩旁紅、藍色影範圍變大。
   （4） 60、90、120 度：黑影消失，屏幕中央由於兩光均照得到呈桃紅色，可看到「***紅光產生藍影***」、「***藍光產生紅影***」。光源角度拉大，影子更分開，顏色更鮮明。
   （5） 180 度：屏幕上找不到影子，僅看到兩光疊成桃紅色。

「紅」、「藍」光各產生不同光徑。經拉線後觀察到：中央黑影是：「***兩色光都照不到***」的範圍，而「***藍光照不到形成紅影***」，「***紅光照不到形成藍影***」。同樣情形也發生在「紅、綠」、「藍、綠」光照射時。

3. 三種色光時：

（1） 三光源交疊成白色照在物體上。

（2） 0 度：影為一濃黑影，黑影旁有紅、藍、綠的模糊影交疊。

（3） 15、30、60 度：可看出三影交疊成如彩虹般的條紋色，中央黑影範圍漸小。光源角度拉大，可看到三光形成三影，影子更開，顏色更鮮明。

（4） 90 度：因藍光位於物前，而紅、綠二光於物旁，因此僅看到一偏黃的物影。

三個色光，產生三不同光徑，經過拉線後證實：中間的黑影是「**三光都照不到**」的範圍，往兩旁看去：

（1）「**紅光照到**」，**另兩光照不到**：「紅色影」。

（2）「**藍光照到**」，**另兩光照不到**：「藍色影」。

（3）「**綠光照到**」，**另兩光照不到**形成「綠色影」。

（4）「**紅、藍光照到**」，**綠光照不到**：「桃紅色影」。

（5）「**紅、綠光照到**」，**藍光照不到**：「黃橙色影」。

（6）「**藍、綠光照到**」，**紅光照不到**：「淡藍色影」。

本研究也可觀察到色光疊合，「**紅、藍疊成桃紅色**」，「**紅、綠疊成黃橙色**」，而「**藍、綠疊成淡藍色**」。**三色光**時，色光兩兩相疊成如**彩虹般「紅、橙、黃、綠、藍、紫」**的分佈。

前面研究使用的是「燈泡」，即「點光源」，但平常用的光源還有「燈管」，即「柱狀光源」。柱狀光源下光和子究竟會如何？在研究四中，我們將好好的討論。

研究四：柱狀光源時光與影子的變化

器材：

1. 燈管。
2. 柱體。
3. 玻璃紙。
4. 角度標示板。
5. 投影屏幕。

方法：

觀察下列情形下光與影的關係：：

1. 燈管長度不同時。
2. 光與物體距離不同時。
3. 兩柱狀光源時。
4. 三柱狀光源光時。

結果：

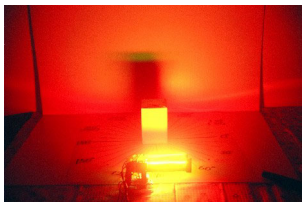
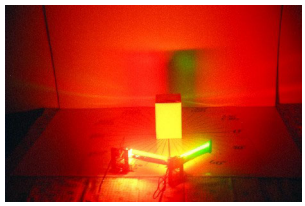
一. 燈管長度不同時：

● 5 公分	● 10 公分	● 15 公分

二. 光與物間距離改變時：

● 10 公分	● 30 公分	● 50 公分	● 70 公分

三. 兩柱狀光源時：

● 0 度	● 60 度	● 120 度	● 180 度
● 紅藍光，0 度	● 30 度	● 60 度	● 90 度
● 120 度	● 180 度	 ● 紅綠光，0 度	 ● 30 度
● 60 度	● 90 度	● 120 度	● 180 度
● 藍綠光，0 度	● 30 度	● 60 度	
● 90 度	● 120 度	180 度	

四. 三柱狀光源時：

● 0 度	● 30 度	● 90 度	● 0 度
● 15 度	● 30 度	● 60 度	● 90 度

討論：

「柱狀光」與「點光」的影大不相同，研究發現：

1. 柱狀光的影色較淡，影邊緣淡而模糊。改變燈管長度後發現：
   （1） 15CM：影色最淡，影邊緣模糊範圍最大。
   （2） 10CM：黑影範圍加大，影色稍濃，影邊緣模糊範圍縮小。
   （3） 5CM：正中央黑影範圍加大更濃，影邊緣模糊範圍更小。

「柱狀光源」其實可視為一長串的「點光源」的組合。將之簡化成為頭尾兩端，各有一道點光源「光徑」，並拉線觀察，可發現影邊緣模糊係因為不同光徑所致，與研究二結果可互為參考。

2. 當柱狀光與物體的距離不同時：
   （1） 10CM、30CM：影子較大、影色較濃，範圍較大，可清楚看到影邊緣模糊。
   （2） 距離 50CM、70CM：影子變小，影色變淡。但影邊緣模糊範圍變小，隨光與物體距離拉長，影變得漸漸清晰。

3. 兩柱狀光源時：

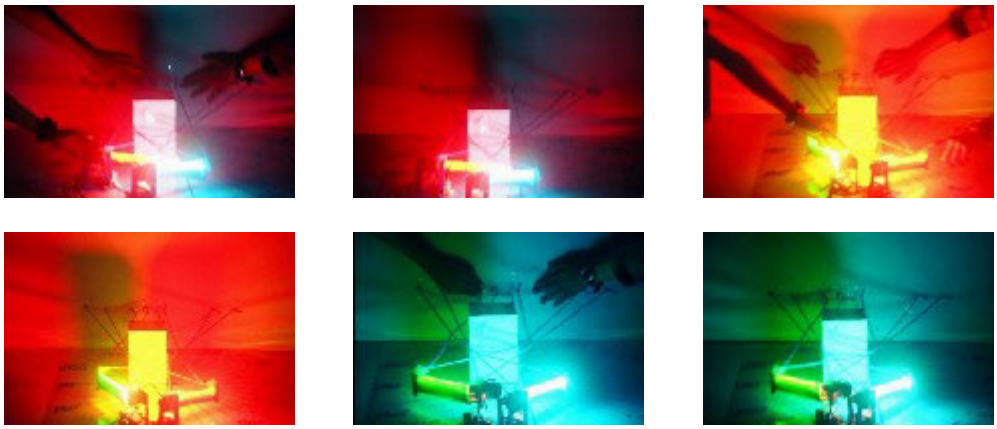
（1）單色：

- 0 度：與一柱光時相似，但中央黑影影色較淡，範圍較小，邊緣模糊區加大，比點光時更模糊難辨。
- 60、120 度：可約略看出兩柱狀光交疊成兩個影，影均淡而模糊，近屏幕中央顏色稍深，兩側為一更模糊的淡影區域，光源角度越大，影的交疊更模糊難辨。
- 180 度：在屏幕上及桌面均無物影。

（2）兩彩色柱狀光源時，光影變化更複雜，以「紅、藍色」柱狀光源為例，討論如下：

- 紅、藍光在物上照出淡淡的桃紅色。
- 0 度：中央為一黑影，但顏色較淡，邊緣各有模糊的紅、藍色範圍，屏幕上可觀察到紅、藍光交疊成桃紅色。
- 30 度：中央黑影變窄，邊緣紅、藍色模糊影範圍變大，能觀察到色影模糊區塊交疊成如三明治般，只是不像點光源為清楚的條紋狀，此時為淡紅及紫紅的漸層影區。
- 60、90、120 度：可約略觀察到「***紅光產生藍影***」、「***藍光產生紅影***」。光源角度拉大，影子拉開，，中央黑影漸消失，影色成鮮明的紅、藍的色系漸層的色影區。影色分佈從屏幕正中央往兩旁顏色為：紅→藍→紫的漸層。
- 180 度：屏幕上找不到物影。

同樣的情形也發生在「紅、綠」、「藍、綠」柱狀光照射情形下。由於「紅」、「藍」色柱狀光各自產生許多不同的光徑。經拉線後發現：大體而言，中間的黑影是「***兩光都照不到***」的範圍，「***藍光照不到形成紅影漸層區***」，相對的「***紅光照不到形成藍影漸層區***」。



柱狀光源可視為一連串的點光源，由於「光徑」複雜，影色其實有許多變化。：

（1）**「紅、藍」**柱狀光：鮮紅→桃紅色→淡紫的漸層。

（2）**「紅、綠」**柱狀光：橙紅→黃橙色→鮮綠色的漸層。

（3）**「藍、綠」**柱狀光：青藍色（靛色）→淺藍色→鮮綠色的漸層。

4. 三個柱狀光源時：

（1）單色柱狀光源：

- 0 度：中央黑影更淡，範圍更小，影邊緣更模糊，幾乎難以辨別。
- 60 度：為三個模糊的淡影，中央處影色最淡，隱約可看出交疊情形，兩側影色雖較深，但模糊難辨別。
- 90 度：中央影更淡、模糊。

（2）彩色柱狀光源：

- 紅、藍、綠光同時照在物上會顯現出白色。
- 0 度：影子是一濃黑影，兩旁各有紅、藍、綠色模糊的色影，可觀察到三色光交疊成白色。
- 15、30、60 度：除 15 度時正中央可以看到一範圍極小且邊緣模糊的黑影外，其他均呈現漸層色影。隱約可見「***紅影區***」、「***藍影區***」、及「***綠影區***」。隨光源角度拉大，影更拉開，影色變成：「紫色→藍→綠→黃→紅」般的色彩漸層。
- 90 度：屏幕、桌面上完全找不到黑影。

三色柱狀光，產生更多不同的三色光徑。經過拉線發現：***中央黑影***是「***三道光都照不到***」的範圍。隨屏幕位置的不同，三色光相互交疊，可以觀察到如同彩虹般的美麗漸層色影。

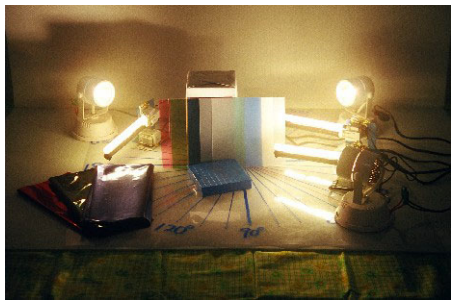
本研究中，色光的疊合更加鮮明，影子已不是我們所認知的「黑影」，而是五彩繽紛「色影」。

研究一到四中，我們探討各類光照在不透明物的情形。但是，令我們更好奇的是：「光照在透明物，會有影子嗎？」我們問過的大多數人都斬釘截鐵的告訴我們「沒有！」，是真的嗎？在以下研究中，我們將好好加以研究。

研究五：透明物體的光影的變化

器材：

1. 燈泡及燈管
2. 彩色膠片。
3. 玻璃、毛玻璃。
4. 角度標示板。
5. 投影屏幕。



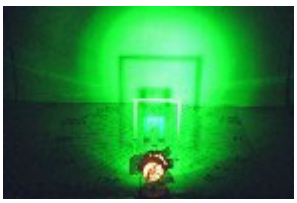
方法：

觀察下列情形時，光影的變化：

1. 透明玻璃。
2. 毛玻璃。
3. 紅色膠片。
4. 藍色膠片。
5. 綠色膠片。

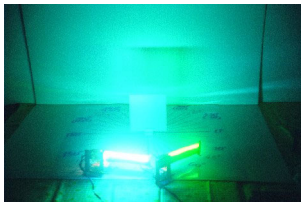
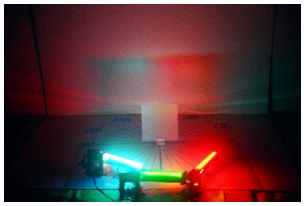
結果：

一. 透明玻璃：

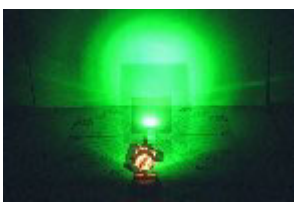
<table>
<tr>
<td>
● 點光源</td>
<td>
● 紅色點光源</td>
<td>
● 藍色點光源璃</td>
<td> 
● 綠色點光源</td>
</tr>
<tr>
<td>
● 紅、藍點光源</td>
<td>
● 紅、綠點光源</td>
<td>
● 藍、綠點光源</td>
</tr>
</table>

● 紅、藍、綠點光源	● 柱狀光源	● 紅、藍柱狀光源
● 紅、綠柱狀光源	● 藍、綠柱狀光源	● 紅、藍、綠柱狀光源

二. 毛玻璃：

● 柱狀光源	● 紅、藍點光源	● 紅、綠點光源
● 藍、綠點光源	● 紅、藍、綠點光源	● 紅、藍柱狀光源
● 紅、綠柱狀光源	 ● 藍、綠柱狀光源	 ● 紅、藍、綠柱狀光源

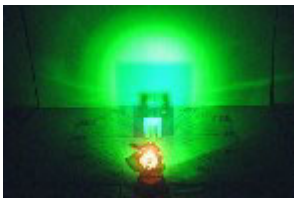
三. 紅色膠片：

● 點光源	● 紅色點光源	● 藍色點光源	 ● 綠色點光源

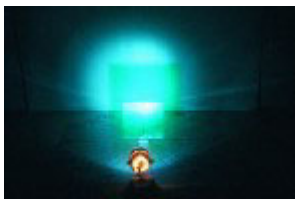
● 紅藍點光源	● 紅綠點光源	● 藍綠點光源	● 紅藍綠點光源

四. 藍色膠片：

● 點光源	● 紅色點光源	● 藍色點光源

			
● 綠色點光源	● 紅藍點光源	● 藍綠點光源	● 紅藍綠點光源

五. 綠色膠片：

			
● 點光源	● 紅色點光源	● 藍色點光源	● 綠色點光源
● 紅藍點光源	● 紅綠點光源	● 藍綠點光源	● 紅藍綠點光源

討論：

在進行本研究之後，我們發現：「透明物沒有影子」其實並不是正確的說法。茲將我們的結果，討論如下：

1. 透明玻璃：

（1）**透明玻璃並非沒有影子，屏幕上有一極淡極淡的模糊區域**。為確認此區域是否為玻璃的影子，我們在玻璃邊緣包一圈膠帶，發現：膠帶圈內的投影有一點模糊，就是玻璃的影子，雖不明顯但仍可觀察到。

（2）照射點色光時，會出現兩不同色影，顏色極淡不易觀察，屏幕上會有色光交疊現象：

- **「紅、藍」光**：桃紅色極模糊影。
- **「紅、綠」光**：橙黃色極模糊影。
- **「藍、綠」光**：淡藍色極模糊影。
- **「紅、藍、綠」三色光**：有點兒類似用白光照射，但可約略看出一略淡灰白的極模糊影。

2. 毛玻璃：

（1）毛玻璃影子較透明玻璃清楚且易於觀察。由於**毛玻璃能容許部分光通過，是一範圍模糊、顏色稍偏灰白的淡影**。

（2）色光照射時，毛玻璃比柱體更能清晰觀察到：「多重光源、多重影子」的現象及色光疊合情形。

（3）屏幕上毛玻璃淡影中，會有朦朧的美麗色光交疊現象，顏色呈現大致與透明玻璃相仿，只是較為迷濛。

若透明物本身就有色彩，影子則會因透明物本身的色彩，而使顏色有些變化，以「***紅色膠片***」為例，討論結果如下：

（1） 單一點光源：

- **白光**：屏幕上映出紅色的影子。
- **紅光**：紅光照射紅膠片，類似透明玻璃，有一極模糊霧影。
- **藍、綠光**：因**「紅色膠片」僅容紅光通過**，為黑色模糊霧影。

（2） 多重點色光：

- 「紅、藍」、「紅、綠」、「紅、藍、綠」三色光：類似透明玻璃的照射結果，但**影色較偏紅色**。
- 「藍、綠」光：**只剩下一淡黑色的模糊淡影**，周圍有兩色光的疊合成淡藍色。

同樣的情形也出現在藍色膠片及綠色膠片中，由於**膠片具有的色彩僅容許相同色光通過，不同的色光則被全部或部分阻隔**，形成如結果相片所呈現的情景。

總結上述研究結果，我們發現：

「**透明物是有影子的**」，只是我們容易因為其可使光通過的特性而誤以為透明物沒有影子。

毛玻璃呈現霧面狀，能通過的光量較少，所形成的影不是「黑影」，而是**霧濛濛的模糊灰影**。

彩色透明物由於其本身有顏色，僅能容許帶相同顏色的光通過，其他不同顏色的光被「全部」或「部分」阻隔，**形成的影大多不為黑色，而是淡灰黑或是其他色彩**。我們不禁覺得透明物的影其實比不透明物更加有趣、值得玩味呢！

陸、研究結論：

綜合以上研究之結果，我們歸納出研究結論如下：

一. 影的形狀、樣式會隨著光源的位置和物體的形狀而改變。

二. 有幾道光源，就有幾個影子。隨光源相隔角度的不同，影子交疊成為如三明治般深淺不一的條紋狀。

三. 一道色光時，無論光色為何，影子顏色必為黑色。

四. 有兩種以上色光時，因兩色光交錯形成彩色影子，色影互相交疊形成如彩虹般的條紋色影。同時，影子範圍外出現色光疊合的現象。

五. 柱狀光源可視為一連串的點光源，因光徑交錯使影子邊緣模糊。

六. 多種顏色之柱狀光源時，影子更加複雜，由於各色關複雜的光徑交錯，影子為如同彩虹一般的漸層的彩色影子。

七. 透明玻璃也有影子，只是較為模糊不易觀察。

八. 毛玻璃由於只容許部分光通過，因此影子為淡而模糊的灰色影。

九. 彩色膠片只容許同色光通過，其餘色光則部分或全部被阻隔，因此影子及色彩的疊合就更加複雜。

在進行完本研究後，我們發現其實光與影的現象遠比我們在二年級所學到的複雜許多。我們發現：舞台上、相片中、影片理所見的聲光特效，其實只是很簡單的一些光影交錯現象，但卻可以牽動我們許多的感動及記憶。光影的世界，其實真的只能用多采多姿來形容呢！

柒、參考書目：

1. 國民小學康軒版自然科學課本：(第三冊第三單元：光與影子；第九冊第三單元：光的色散與組合)。
2. 觀念物理Ⅳ（休伊特著；陳可岡譯；天下文化出版社，民 89 年）。
3. ciia 理化世界（http://mail.mdjh.kl.edu.tw/）

評 語

080121 國小組物理科 佳作

光與影的色彩遊戲

1. 由生活中去觀察，深入研究光、色、影變化是好的研究態度與精神。
2. 若能將研究問題整理出較突出之發現或再擴展到光源強度之影響研究會更好。