

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

第三名

032901

今晚你想來點什麼？漂浮的地球還是幻視旋風
—探討浮空投影的效果及應用

學校名稱：彰化縣立陽明國民中學

作者： 國一 曾彥宏 國一 楊明叡 國一 柯逸程	指導老師： 蔡名峯 陳炳彰
---	-----------------------------

關鍵詞：反射、折射、浮空投影

摘要

本組的研究是關於浮空投影，藉由不同形體、不同比例的投影器實驗，得出**透明膠片**製成**下底邊長 1cm、上底邊長 6cm、高 4cm 的梯形**所組成的**四面柱投影器**為最佳比例。進而實驗改變投影器顏色、材質以及不同內容物和重疊擺放的效果。實驗顯示：以**透明光碟盒**及**透明膠片**為投影器，投影效果佳。投影器盛裝**透明碳酸飲料**，不影響成像效果，且透明碳酸飲料有氣泡，投影效果較為絢麗，進一步可應用於**飲料吧牆及飲料瓶**投影。利用**環氧樹脂**製成立體投影器，投影效果佳可做成的模型基座，應用於生活。再將投影器具製成**治具**，成本**低廉**又方便**教學及推廣**。最後因應現在疫情，浮空投影可提醒家人**小心防疫**；或是讓顧客在購買東西時透過浮空投影廣告，減少接觸進而防疫。

壹、研究動機

本組和家人在外面逛街時，看到店家門口前的**自家商標投影**；又在觀看 NBA 籃球賽時看到地板上的**倒數計時投影**，引起了本組的興趣；也在**自然與生活科技課本**（三）4-3 上到了**光的特性**，所以本組在網路上搜尋了**光的投影**，發現竟然有**浮空投影**這個有趣的技術，進而探討研究，發現浮空投影（又稱為**全息投影**或**3D 全像投影**）分成很多種，有從布幕後投影的**背投影式**，有從手機上投影的**折射式**，也有金字塔式投影（**反射式**），而在這幾種投影方式裡，折射式投影是最方便的，只需要一個手機和透明投影器就能完成，且製作過程簡單、花費便宜，適合本組所需。本組也上網查詢了**浮空投影的原理**，進一步學到了如何製作投影器，並找到了浮空投影的軟體，促使本組開始進行研究。本組開始嘗試從生活隨手可得的材料製作各樣的投影器，相當**方便**又**環保**，隨著實驗結果發現浮空投影除了可以朝**客製化製作個人模型**等方向發展；因應現在的疫情，在自家門口用投影的方式提醒家人回家三步驟，**小心防疫**；或者是讓顧客在逛街挑衣服卻無法試穿衣物時，可以點選投影素材，透過看到模特兒穿衣服的影像進行挑選，可為店家節省廣告成本，也減少接觸進而防疫。

貳、研究目的

- 一、比較**不同形體**膠片的成像效果
- 二、研究**不同比例**膠片的成像效果
- 三、探討**不同顏色**膠片的成像效果
- 四、探討**不同材質**對成像效果的影響
- 五、探討**不同內容物**對成像效果的影響

六、探討重疊投影器對成像效果的影響

七、探討生活應用之可行性

- (一) 治具製作推廣
- (二) 防疫提醒使用
- (三) 商業廣告使用
- (四) 個人模型應用
- (五) 杯弓蛇影飲料牆
- (六) 個人影片介紹
- (七) 線上教學使用

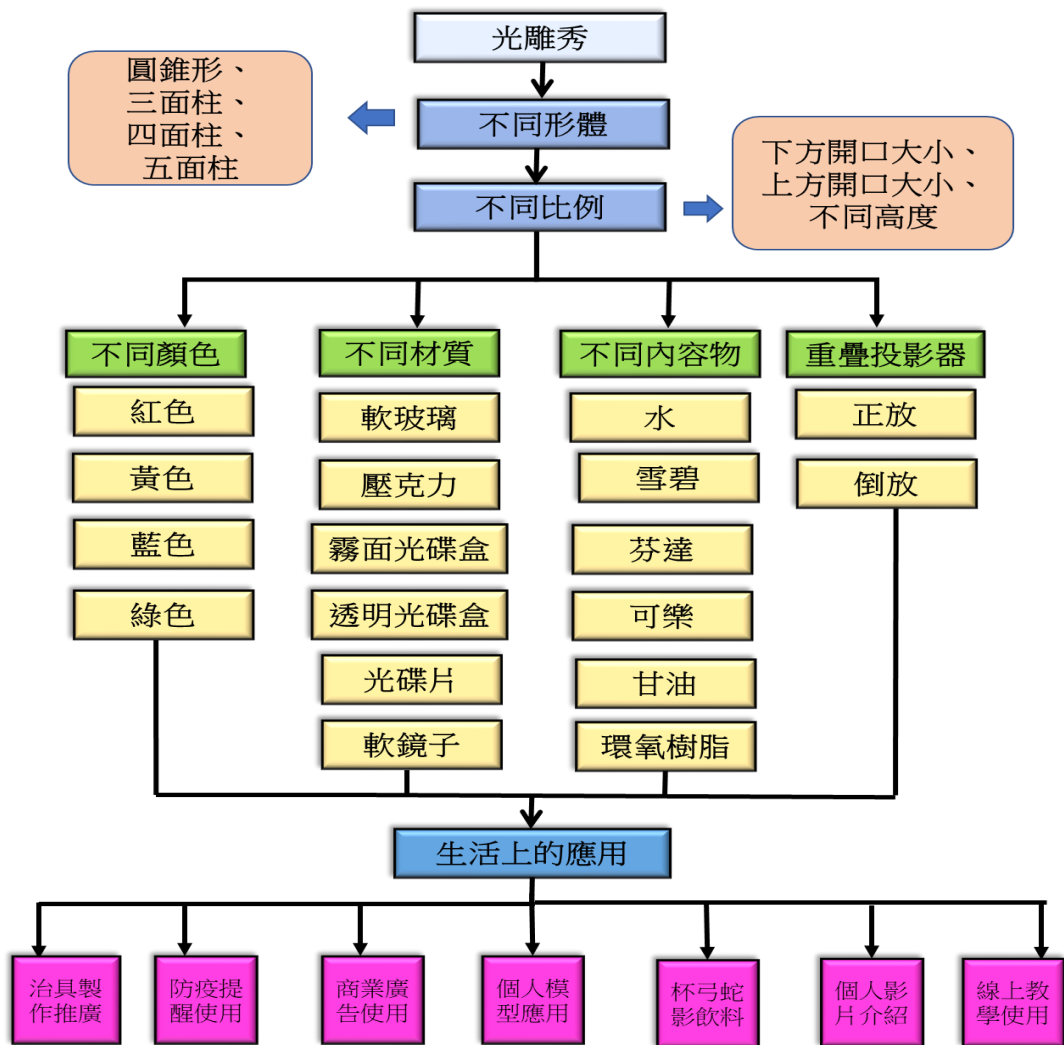


圖 1 概念架構圖

參、研究設備與器材

一、實驗器材及材料

			
圖 2-1 白紙	圖 2-2 奇異筆	圖 2-3 夾鏈袋	圖 2-4 杯子
			
圖 2-5 壓克力盤	圖 2-6 雷射筆	圖 2-7 甘油	圖 2-8 電子秤
			
圖 2-9 透明膠片	圖 2-10 彩色膠片	圖 2-11 神奇存錢筒	圖 2-12 拍攝箱
			
圖 2-13 拍照用 samsung 智慧型手機	圖 2-14 投影用 samsung 智慧型手機	圖 2-15 剪刀、長尺、 膠帶	圖 2-16 相機
			
圖 2-17 軟玻璃	圖 2-18 軟鏡子	圖 2-19 碳酸飲料	圖 2-20 環氧樹脂

二、投影素材



本組上網搜尋投影之軟體，後來發現了一個可供我們使用的軟體，叫做 Holapex Hologram Video Creator，其中有許多圖案可供選擇，後來經過討論，本組利用地球進行本實驗的投影對象。

肆、研究過程及方法

一、文獻探討

(一) 歷屆資料參考及比較

本組參考了第 56 屆的駕著手機乘著光-飛向 3D 立體世界，和第 58 屆的有趣的光雕秀-探討浮空投影的效果，進而做了一些更改，在第 58 屆的有趣的光雕秀-探討浮空投影的效果中，他們的投影素材是靜態圖片，我們則用動態影片來當投影素材，增加實驗的生動性。第 58 屆也實驗了加入水及酒精進投影器的成像效果，本組則繼續延伸下去，探討不同內容物(水、雪碧、芬達、可口可樂、甘油、環氧樹脂)對成像效果的影響。再則，第 56 屆的駕著手機乘著光-飛向 3D 立體世界中已經做過壓克力的厚薄度實驗，所以本組嘗試用不同材質(軟玻璃、壓克力板、霧面及透明光碟盒、光碟片、軟鏡子)及不同顏色(紅、黃、藍、綠)來探討浮空投影的效果。本屆實驗和歷屆科展實驗比較表，如表 1。

表 1--本屆實驗和歷屆科展實驗比較表

	本屆：今晚你想來點什麼？漂浮的地球還是幻視旋風—探討浮空投影的效果及應用	第 56 屆：駕著手機乘著光-飛向 3D 立體世界
實驗材料	軟玻璃、壓克力板、霧面光碟盒、透明光碟盒、光碟片、軟鏡子	壓克力板
特點	不同材質投影器 ➡ 使用之材料 隨手可得 且 製作方便 ，在家中就能製作，簡單又好玩	壓克力的厚薄度實驗、倒放投影器 ➡ 壓克力 厚度較厚 ， 切割不易 ，需花費更多時間及金錢

	本屆：今晚你想來點什麼？漂浮的地球還是幻視旋風—探討浮空投影的效果及應用	第 58 屆：有趣的光雕秀-探討浮空投影的效果
實驗材料	軟玻璃、壓克力板、霧面光碟盒、透明光碟盒、光碟片、軟鏡子、透明膠片	透明膠片
特點	<p>不同顏色的投影器、動態投影素材 不同內容物：水、碳酸飲料、甘油、環氧樹脂 ➡</p> <ol style="list-style-type: none"> 藉由不同顏色投影器知道投影素材跟顏色會影響，在利用固體的環氧樹脂製成有顏色的模型底座時，可注意投影素材的錄製，達到最佳投影效果 實驗更多元的液體(水、碳酸飲料、甘油)進行比較，並將投影器製作成杯子，應用於生活 動態素材較富趣味性，並且搭配軟體可以自行錄製影片，作為個人影片或廣告 製成治具，便宜又方便教學推廣 	<p>不同顏色投影背景、不同液體(水、酒精)、靜態投影素材 ➡</p> <p>水和酒精差異不大，不好比較，靜態投影素材雖方便拍照記錄，但不生動</p>

(二) 相關教材探討

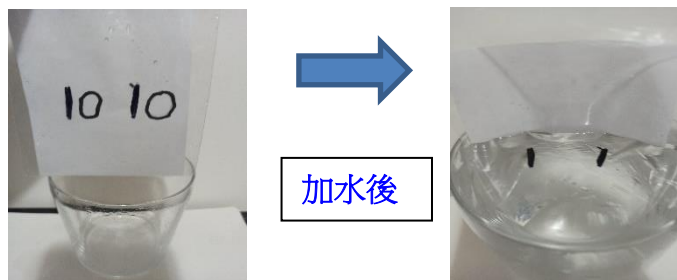
一般而言，光的三原色為紅 (R)、綠 (G)、藍 (B)，三原色一起發光就會產生白光。實際上光是沒有顏色的。而人類眼見物體之顏色，是光照在物體上後反射的波長被眼睛所擷取到，進而決定人眼所看到的顏色。又可見光 (定義波長介於 400nm 至 700nm 之電磁波) 通常指的是人類眼睛看得見的電磁波譜上其中一段頻譜，也就是波長介於紫外線(10nm 至 400nm) 及紅外線 (760nm 至 1mm) 之間的電磁波。某些研究資料顯示可見光的波長範圍也有不同，如：較窄介於 420 至 680nm，較寬介於 380 至 800nm。而有些非可見光為紫外光、紅外光、X 光等。

(三) 光的折射定律及現象

光在不同的介質中，**行進的速率**也不相同，所以光不是垂直進入另一種介質時，會發生**偏折**，行進的方向也會發生改變。

實驗一：

本組先在白紙上寫上 2 個數字 (例如 00)，用夾鏈袋套上，另外在夾鏈袋寫上 2 個數字(例如 11)，形成 1010 四個數字，放入水中，發現其中有兩個數字(00)會因為光的折射而消失不見。



光的折射實驗

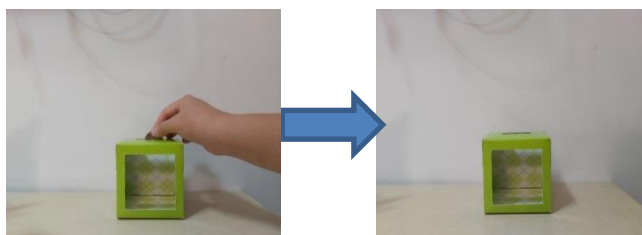
圖 3-1 折射現象—數字不見了

(四) 光的反射定律及現象

光的反射是指光射到一個介面時，有一部分的光線會反射回原本的介質，反射線跟入射線和法線會在同一平面上，入射角會等於反射角。當入射角變大時，還可能造成「全反射」，就是只有反射，沒有折射，如圖 3-2。

實驗二：

沒放銅板之前，箱子裡什麼都沒有，放銅板進去後，會發現丟進去的銅板不見了，其實銅板還在，只是被鏡子擋住了，而鏡子只是斜插入箱子裡，反射的影像是箱子的底部。



光的反射實驗

圖 3-2 反射現象—銅板不見了

實驗三：本組接著準備了壓克力盤(分成兩半)、水、雷射筆等器具，只要將雷射筆斜射入水中，就會發現同時有折射光與反射光。

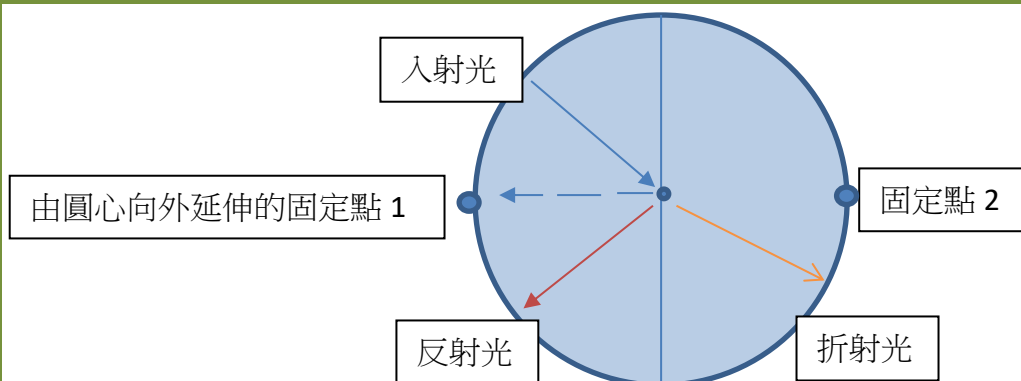


圖 3-3 折射與反射原理



雷射光射入水中後



圖 3-4 反射光與折射光

表 2 入射光、反射光與折射光之間的長度關係

入射光及固定點 1 間的距離	反射光及固定點 2 間的距離	折射光及固定點 2 間的距離
1.0 cm	2.0 cm	1.0 cm
2.0 cm	2.5 cm	1.5 cm
3.0 cm	4.0 cm	2.0 cm
4.0 cm	4.5 cm	2.5 cm
5.0 cm	6.0 cm	4.0 cm
6.0 cm	6.5 cm	4.5 cm

(五) 浮空投影的原理

浮空投影的影像屬於 **2D 平面影像**，比如將一張照片放在觀察者面前。由觀察者環繞一圈時，僅能看見 4 個畫面而非立體的影像，要使影像能立體投影至觀察者，必須應用光的反射原理，故嚴格來說這種浮空投影只能稱為”類 3D”。以圖 4 這則圖片為例，當雷射光線射到玻璃（壓克力片、透明片）上時，光線的反射與透射是同時存在的。此時來自本次實驗手機螢幕上的 4 個影像中，以一面平坦透明的玻璃或是膠片製作成的投影器，將投影器放在手機螢幕上，透過特定光源的投射，就能看到手機中的影像投影在投影器中（螢幕裡的影像會投影在投影器的傾斜面上，映照出投影的影像），而被投影器反射出來的影像其實是虛像，看得見，卻摸不到。

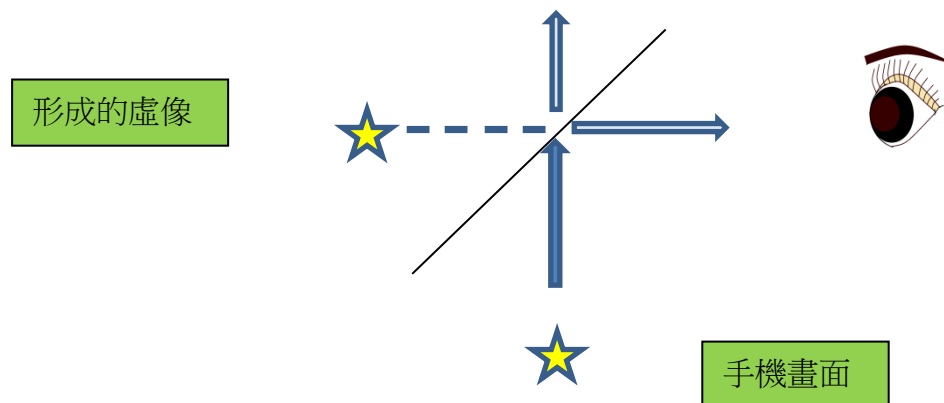


圖 4 浮空投影成像原理

(六) 探討浮空投影器的設計及製作

本組先在紙張上畫出投影器所需的模型，如圖 5-1 所示，再將紙張與膠片固定在一起，沿著紙張的邊緣剪下，如圖 5-2，再將膠片用膠帶固定，如圖 5-3，最後平放在手機上，就製成了簡易的浮空投影器。但是投影周圍的環境不能太亮，黑色背景看起來的效果較好。

投影器之製作

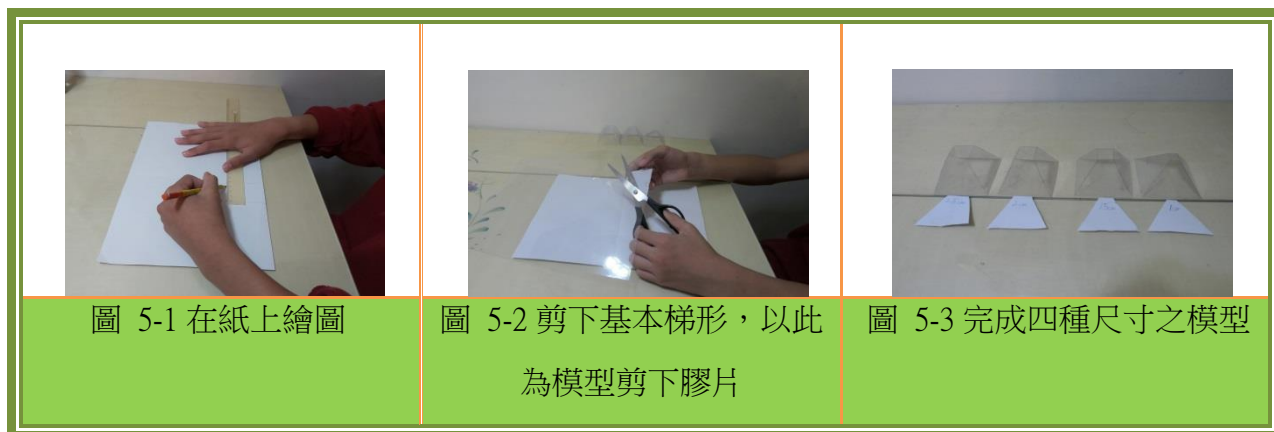


圖 5-1 在紙上繪圖

圖 5-2 剪下基本梯形，以此為模型剪下膠片

圖 5-3 完成四種尺寸之模型

二、研究方法

(一) 比較不同形體的浮空投影效果之差異

實驗構想：本組討論到不同形體的投影器，比如圓弧形的、三角形的、梯形的，會影響浮空投影的成像效果，本組想進一步了解不同形體會有哪些差異，設計了以下實驗。因為在製作的時候，五個面以上的投影器困難度太高，但本組還是想觀察五個面的投影器效果如何，因此最高做到五面。

1. 操縱變因圖：

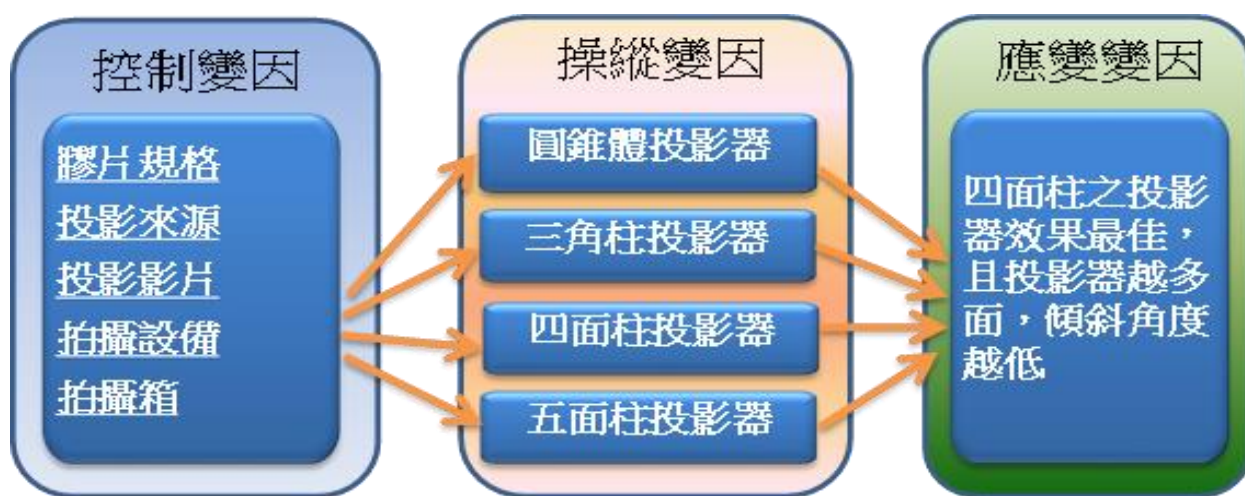
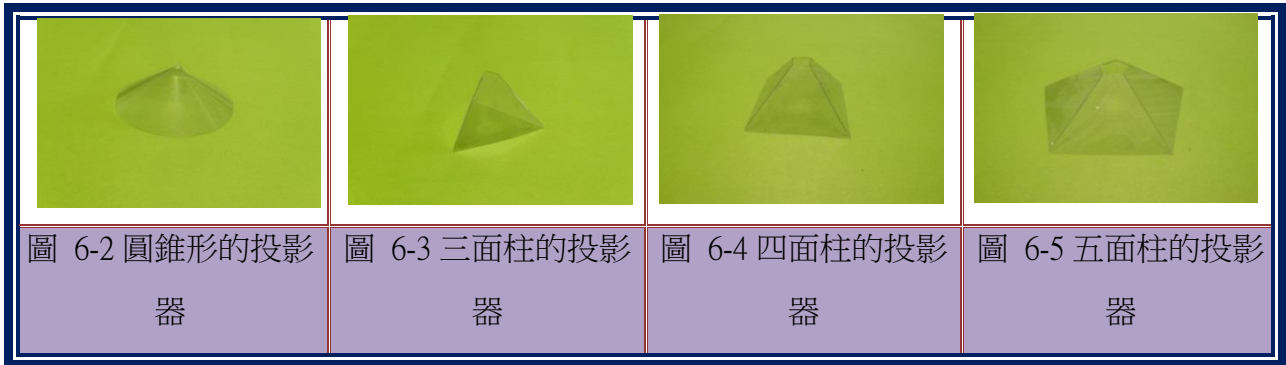


圖 6-1

2. 實驗一不同形體投影器照片，分別如圖 6-2 至 6-5。



3. 記錄並討論圓錐形、三面柱、四面柱及五面柱的投影器之成像情形。

(二) 研究不同比例的模型對浮空投影效果之差異

實驗構想：本組發現不同形體投影器所投影出的影像效果，有的影像較扁平，有的較長，所以本組想進一步探討究竟是怎樣的比列，浮空投影的效果最好。因此本組設計了多個實驗，分別改變下方開口以及上方開口和高的邊長大小，探討其對浮空投影成像效果的影響。

1. 操縱變因圖：

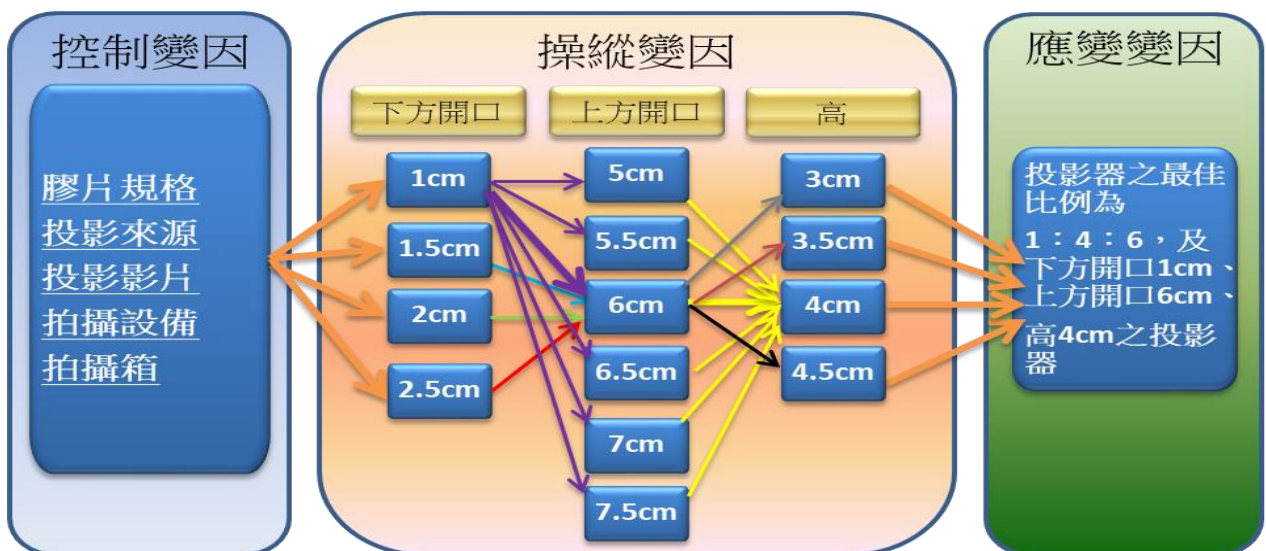
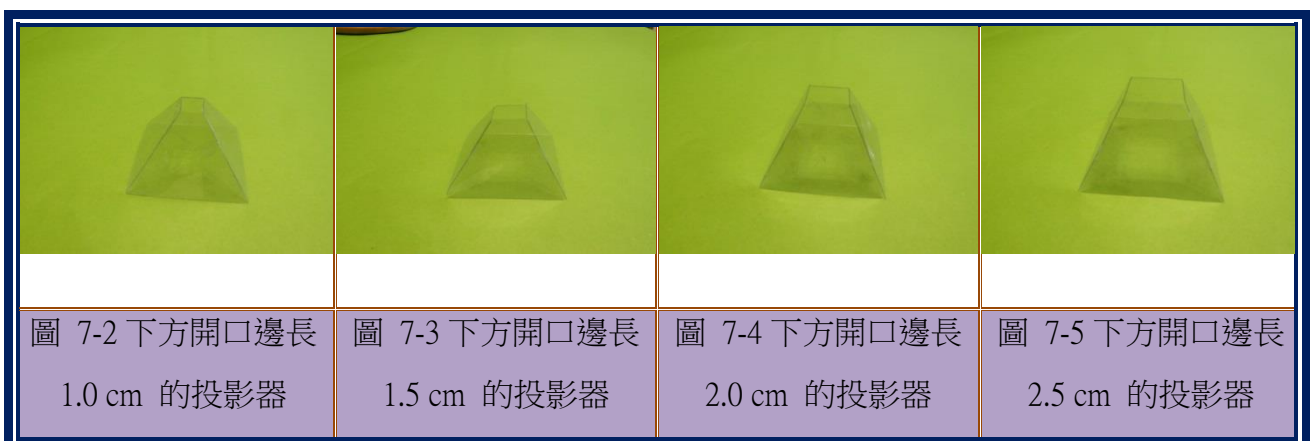
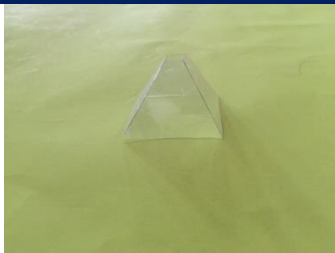
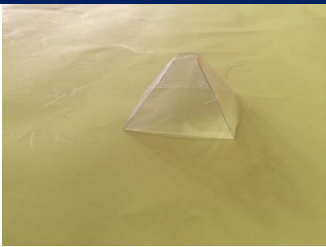






圖 7-1

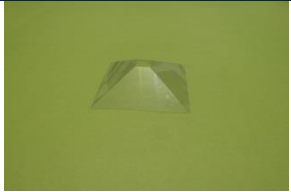
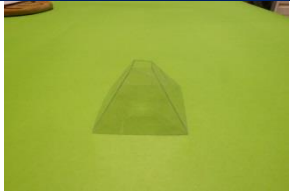
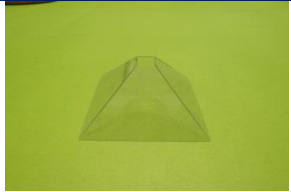
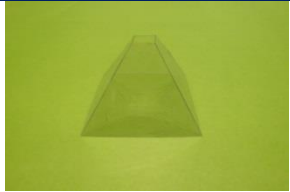
2. 實驗二不同下方開口投影器照片，分別如圖 7-2 至圖 7-5。



3. 實驗三不同上方開口投影器照片，分別如圖 7-6 至圖 7-11。

		
圖 7-6 上方開口邊長 5.0 cm 的投影器	圖 7-7 上方開口邊長 5.5 cm 的投影器	圖 7-8 上方開口邊長 6.0 cm 的投影器
		
圖 7-9 上方開口邊長 6.5 cm 的投影器	圖 7-10 上方開口邊長 7.0 cm 的投影器	圖 7-11 上方開口邊長 7.5 cm 的投影器

4. 實驗四不同的高度投影器照片，分別如圖 7-12 至圖 7-15。

			
圖 7-12 高度 3.0 cm 的投影器	圖 7-13 高度 3.5 cm 的投影器	圖 7-14 高度 4.0 cm 的投影器	圖 7-15 高度 4.5 cm 的投影器

5. 記錄並討論不同比例的投影器之成像情形。

(三) 探討不同顏色膠片的浮空投影效果之差異

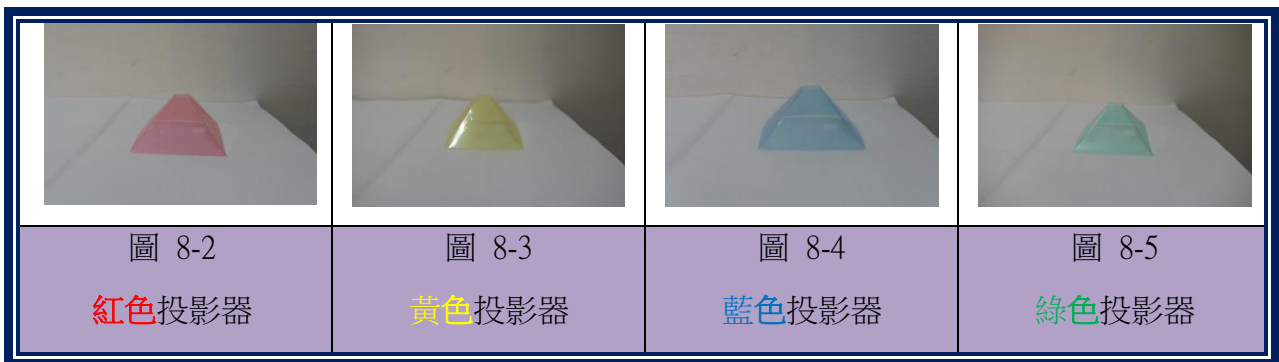
實驗構想：由實驗二、三、四的觀察得知，不同比例的投影器，比如上方開口 5cm~7.5cm 的、下方開口 1cm~2.5cm 的，會影響浮空投影的成像效果，實驗結果得知上方開口 6cm、下方開口 1cm、高 4cm 是最佳比例，本組想進一步了解不同顏色的投影器會有哪些差異，所以以最佳比例製作投影器並設計了以下實驗。

1. 操縱變因圖：



圖 8-1

2. 實驗五不同顏色投影器照片，分別如圖 8-2 至圖 8-5。



3. 紀錄並討論不同顏色的投影器的成像結果。

(四) 瞭解不同材質（軟玻璃、壓克力板、霧面及透明光碟盒、光碟片、軟鏡子）的成像效果之影響

實驗構想：本組想進一步了解不同材質的投影器會有那些差異，所以設計了以下實驗。

1. 操縱變因圖：

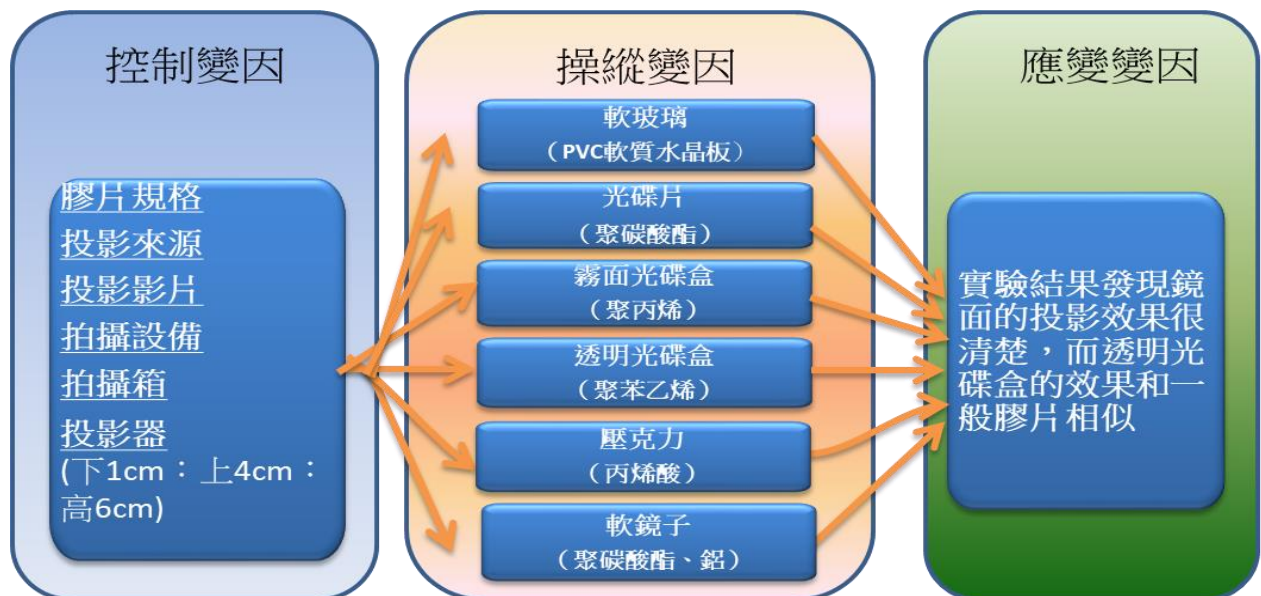


圖 9-1

2.實驗六不同投影器材質投影器照片，分別如圖 9-2 至圖 9-7。



3.記錄並討論不同材質的投影器之成像情形。

(五) 探討不同內容物對成像效果的影響

實驗構想：從實驗二的實驗中，本組找到最適合比例的投影器。想進一步了解不同內容物對浮空投影效果的影響，所以設計了以下實驗。

1. 操縱變因圖：

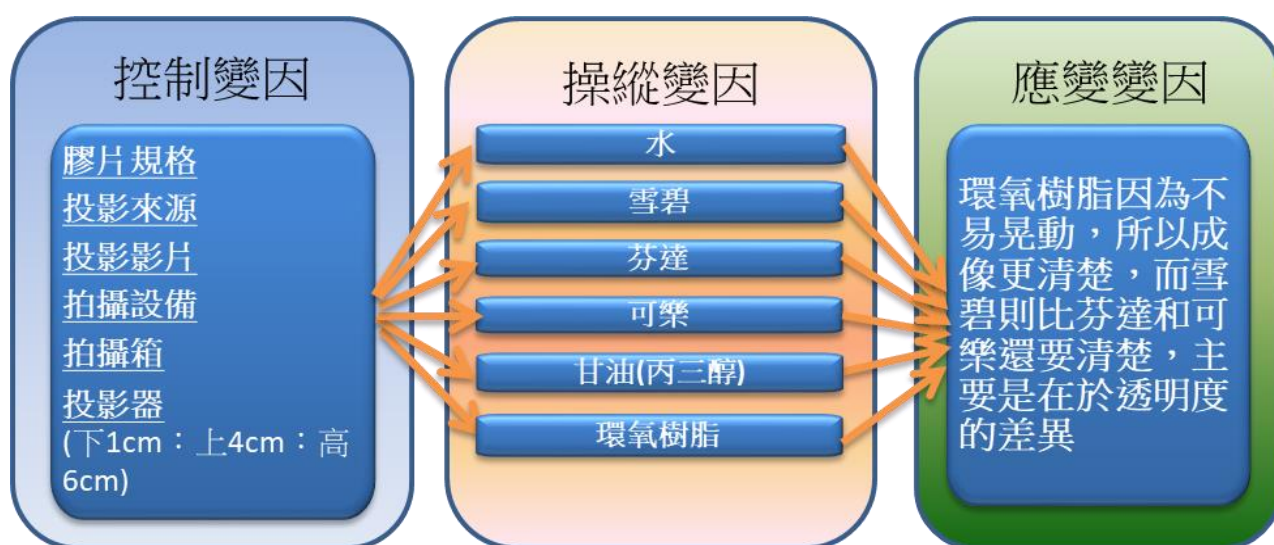


圖 10

2.記錄並討論內容物為水、雪碧、芬達、可樂、甘油、環氧樹脂的成像情形。

(六)、探討重疊投影器對成像效果的影響

實驗構想：從實驗二、三、四中，本組找到最適合的比例的投影器，想進一步了解重疊投影器正放及倒放對浮空投影效果的影響，所以設計了以下實驗。

1. 操縱變因圖：

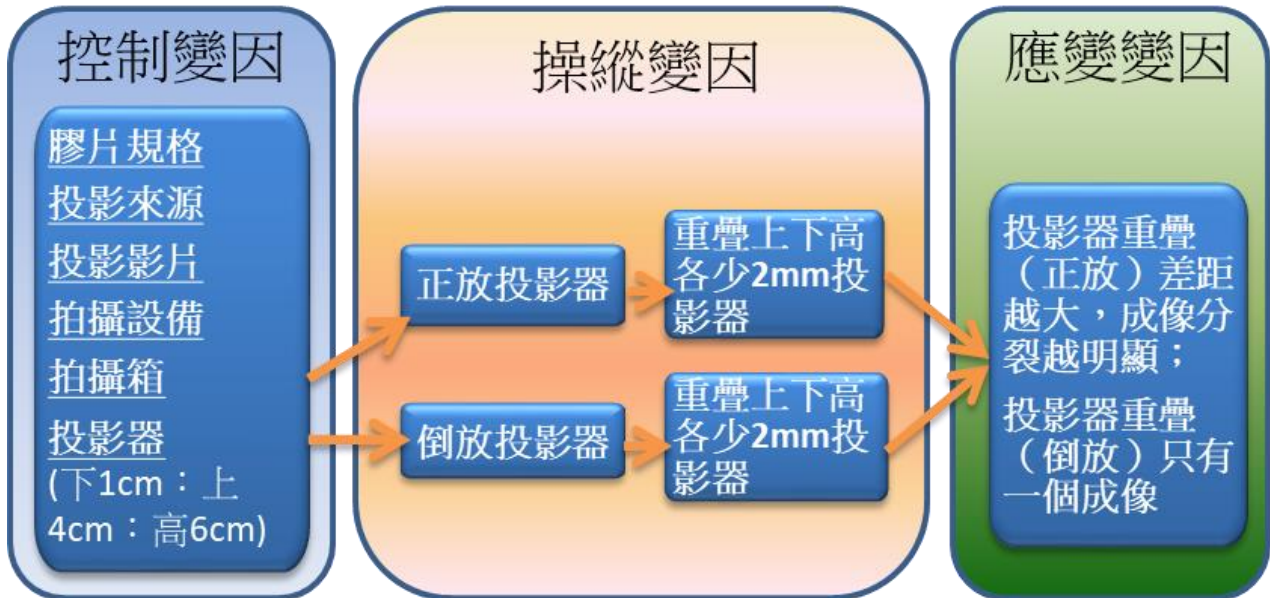





圖 11-1

2. 實驗九：重疊投影器投影器照片，分別如圖 11-2 至圖 11-4。

		
圖 11-2 高 3.8 cm、下方開口邊長 0.8 cm、上方開口 5.8cm 的投影器	圖 11-3 高 3.6 cm、下方開口邊長 0.6 cm、上方開口 5.6cm 的投影器	圖 11-4 高 3.4 cm、下方開口邊長 0.4 cm、上方開口 5.4cm 的投影器

3. 記錄並討論投影之成像情形。


伍、研究結果與討論

一、比較不同形體的浮空投影效果之差異

實驗一

1.紀錄表：

表 3 不同形體紀錄表

投影器	成像懸浮高度	成像大小	地球的立體效果	開口對投影效果的影響	照片
圓錐體	1.5 cm	成像為橢圓形故無法測得	地球的解析度很高，但成像位置偏高。	地球成像很清楚，但成像細長，因為投影器是圓弧形，所以會有其他的兩個成像。	
三角柱	0.8 cm	1.0 cm	地球有點模糊，上頭的海洋和大陸也都看不清楚。	地球成像較扁平，成像位置偏下，轉向不同角度時，成像效果也不同。	
四面柱	0.8 cm	1.0 cm	地球成像清楚，上頭的海洋和大陸都看得清楚。	開口適中，角度接近45度，所以成像很清楚。	
五面柱	1.0 cm	1.5 cm	地球的下面半部陸地貼近螢幕，有些地方不是很清楚。	地球因為開口較大而成像偏下，投影器較接近手機螢幕。	

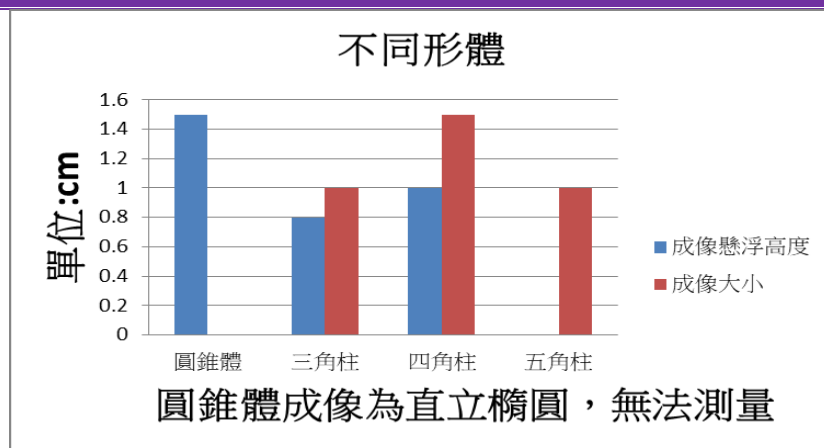


圖 12

2.發現：因為其他投影器都沒有剛好四個面，因此成像的位置和效果都會有差異，而圓錐形的成像最高，三面柱和四面柱次之，五面柱的成像位置最低。經過實驗，本組發現四面柱的投影效果最好，而且製作方便，並且可依平板大小調整投影器尺寸。

3.研究討論：以後將採用四面柱投影器進行實驗。

二、研究不同比例膠片的成像效果

實驗二

1.紀錄表：

表 4 不同下方開口紀錄表

投影器	成像懸浮高度	成像大小	地球的立體效果	開口對投影效果的影響	照片
1.0 cm	1.2 cm	1.2 cm	地球的解析度很高，上面的海洋和大陸也很清楚。	開口適中，角度趨近45度，地球成像在正中間，成像很清楚。	
1.5 cm	0.2 cm	1.2 cm	地球有點模糊，上頭的海洋和大陸也都看不清楚。	開口大了一點點，地球上半部邊緣比較模糊，成像大部分清楚。	
2.0 cm	0.4 cm	1.5 cm	地球有點模糊，上頭的海洋和大陸都看不清楚。	開口略大，膠片傾斜的角度次大，成像大致清楚。	
2.5 cm	0.2 cm	1.5 cm	地球的下半部被切掉了，有些地方不是很清楚。	因為膠片傾斜的角度最大，地球的成像無法全部清楚呈現。	

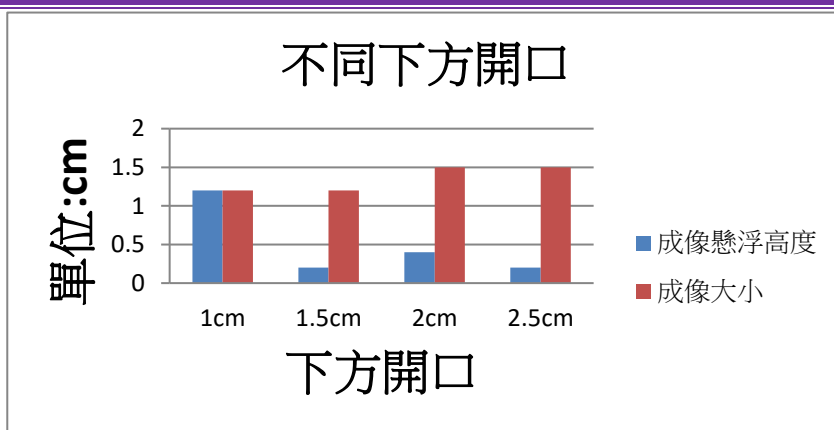


圖 13

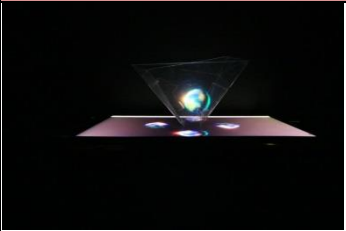



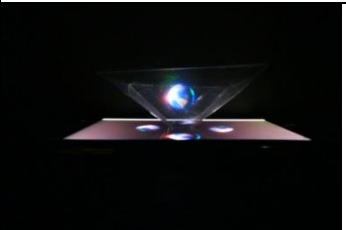
2.發現：本組發現會影響投影效果的因素是傾斜的角度，下方開口越大則角度越大，而投影器下方開口成像最好的長度是 1cm。


3.研究討論：以後將採用此比例投影器進行實驗。

實驗三

1.紀錄表

表 5 不同上方開口紀錄表

投影器	成像懸浮高度	成像大小	地球的立體效果	開口對投影效果的影響	照片
5.0 cm	0.5 cm	1.2 cm	地球有點模糊，上頭的海洋和大陸都看不清楚。	開口最小，地球的成像有點扁平。地球彷彿就要消失了。	
5.5 cm	0.5 cm	1.0 cm	地球還是有點模糊，上頭的海洋和大陸也都看不清楚。	開口略小，地球的上半部邊緣有點亮，整體的成像大部分清楚，成像好像變小了。	
6.0 cm	0.8 cm	1.8 cm	地球的解析度很高，上面的海洋和大陸也很清楚。	開口適中，角度趨近 45 度，地球的成像在正中間，成像很清楚。	
6.5 cm	0.5 cm	1.2 cm	地球的上面半部陸地被遮佔了,有些地方不是很清楚。	投影器的傾斜角度偏小，地球稍微變小了，左下角無法全部清楚呈現。	
7.0 cm	0.7 cm	1.2 cm	地球呈現圓形，但邊緣看不太清楚，海洋和陸地界地不明。	投影器的傾斜角度次小，開口次大，倒致海洋看不清楚。	

7.5 cm	0.6 cm	1.2 cm	地球和海洋都看不太清楚，非常模糊。	投影器的傾斜角度最小，開口最大，成像上方被切掉了，無法看清楚，因為上方開口太大了。	
-----------	--------	--------	-------------------	---	---

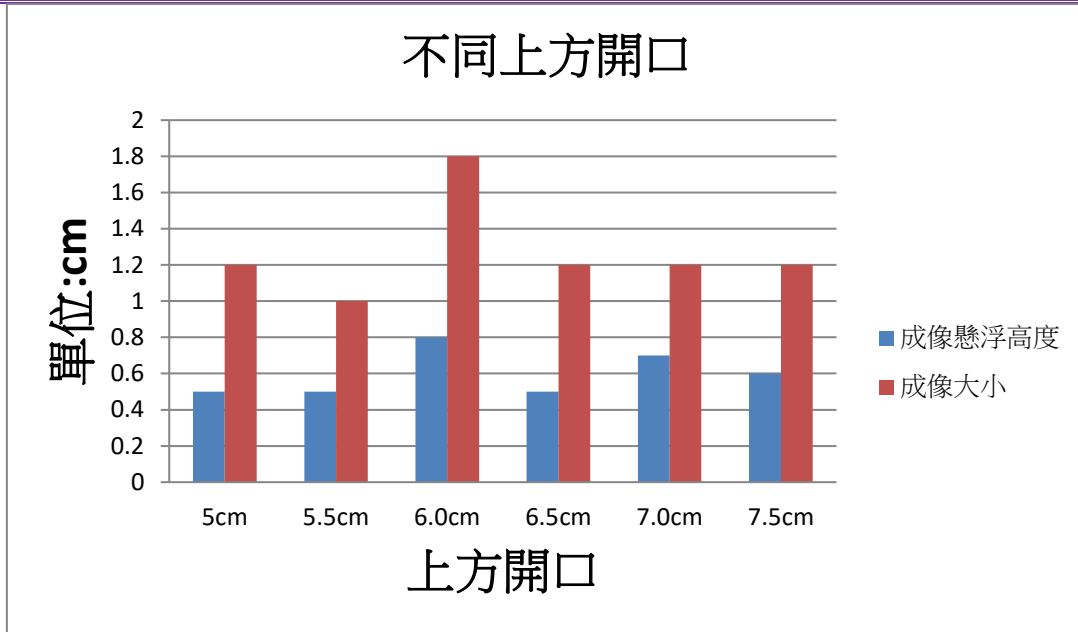


圖 14


2.發現：本組發現上方開口太大或太小，投影效果都不太好，而上方開口越大，膠片傾斜的角度越小，和下方開口剛好相反，後來發現最好的長度是 6cm。


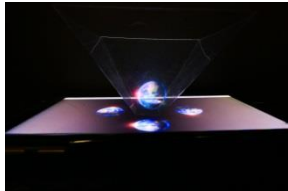

3.研究討論：以後將採用此比例投影器進行實驗。

實驗四

1.紀錄表

表 6 不同高度紀錄表

投影器不	成像懸浮高度	成像大小	地球的立體效果	開口對投影效果的影響	照片
3.0 cm	0.3 cm	1.2 cm	地球成像清楚，上頭的海洋和大陸都看得很清楚。	地球稍微變大了，膠片傾斜的角度最小，整體成像都看得很清楚。	

3.5 cm	0.4 cm	1.1 cm	地球成像清楚， 上頭的海洋和大 陸都看得很清 楚。	開口偏小，角度也偏 小，地球的下半部接 近透明，看不太清 楚。	
4.0 cm	0.2 cm	1.1 cm	地球的解析度很 高，形體稍微變 小了,但上面的 海洋和大陸也很 清楚。	開口適中，角度趨近 45 度，地球的成像在 正中間而且成像很 清楚。	
4.5 cm	0.3 cm	1.1 cm	地球的成像變得 更小了,有些地 方不是很清楚。	膠片傾斜的角度最 大，地球的成像偏 下，好像快要沉沒在 投影器底下了	

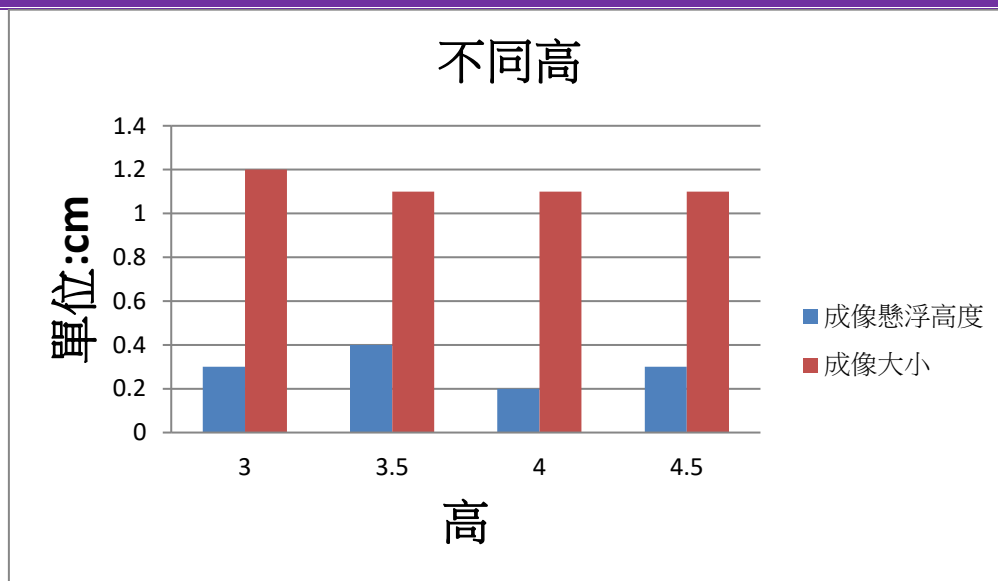


圖 15

2.發現：經過實驗四，本組發現投影器的高越大，角度就越大，而投影器高度 4cm 的投影效果最好。

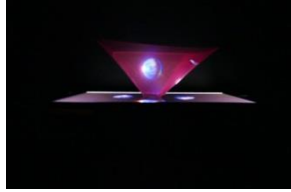
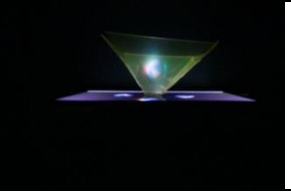

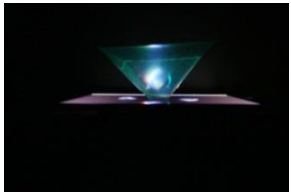
3.研究討論：以後將採用此比例投影器進行實驗。

三、探討不同顏色膠片的成像效果

實驗五

1.紀錄表

表 7 不同顏色投影器紀錄表

投 影 器 顏 色	成 像 懸 浮 高 度	成 像 大 小	地 球 的 立 體 效 果	顏 色 對 投 影 效 果 的 影 響	照 片
紅 色	1.1 cm	1.2 cm	地 球 有 點 模 糊，上 頭 的 海 洋 和 大 陸 都 看 不 清 楚。	紅 色 投 影 器 導 致 地 球 邊 緣 不 清 楚。地 球 仿 佛 就 要 消 失 了。	
黃 色	1.3 cm	1.2 cm	地 球 還 是 有 點 模 糊，海 洋 和 大 陸 也 看 不 清 楚。	黃 色 投 影 器 導 致 地 球 邊 緣 不 清 楚。	
藍 色	0.9 cm	1.3 cm	地 球 也 不 太 清 楚，因 為 投 影 器 是 藍 色 的，海 洋 也 看 不 清 楚。	藍 色 投 影 器 和 海 洋 的 顏 色 太 相 近，所 以 整 體 成 像 較 不 清 楚。	
綠 色	0.5 cm	1.2 cm	地 球 的 解 析 度 很 高，上 面 的 海 洋 和 大 陸 也 很 清 楚。	綠 色 投 影 器 和 主 體（地 球）的 顏 色 有 差 異，所 以 成 像 較 清 楚。	

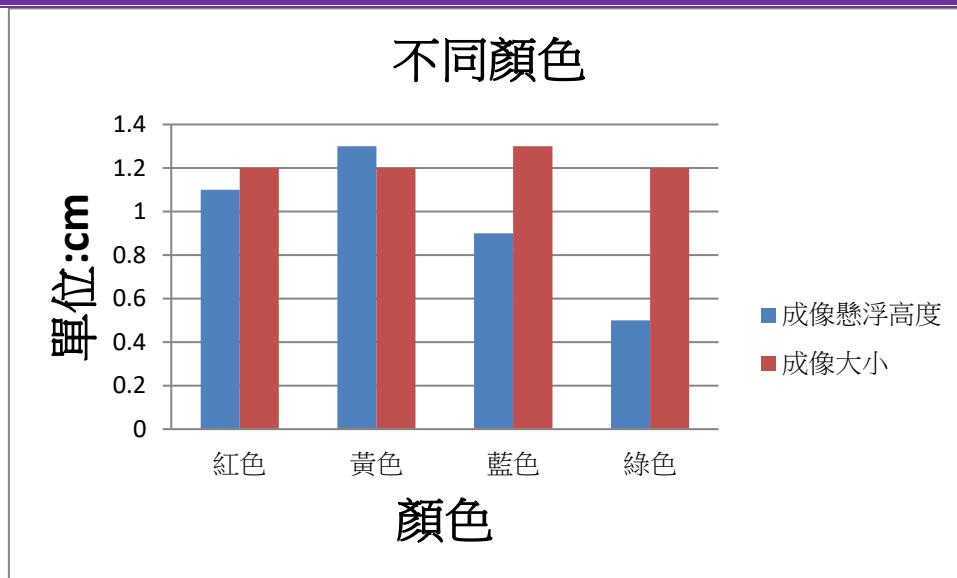


圖 16

2.發現：本組發現不同顏色的投影器會吸收或反射不同色光，進而影響投影的效果，紅色、

黃色投影器會反射其他色光，所以成像不清楚、藍色投影器會吸收藍色光而使成像不清楚、綠色投影器雖然和地球的顏色有差異，但是因為顏色不明顯而不會影響太多，而成像最清楚的投影器則是綠色投影器。

3.研究討論：效果最好的則是綠色投影器，以後也可用環氧樹脂做成模型基座搭配投影圖像，營造出特別的效果，也可依投影器顏色改變投影圖像，製造出最好的效果。

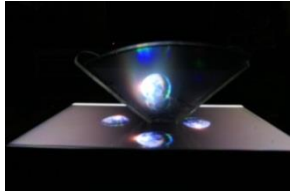
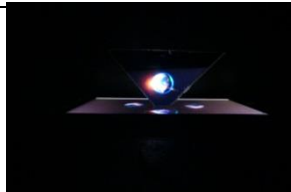
四、探討不同材質對成像效果的影響

實驗六

1.紀錄表：

表 8 不同材質紀錄表

投影器材質	成像懸浮高度	成像大小	地球的立體效果	材質對投影效果的影響	照片
軟玻璃	0.5 cm	1.5 cm	地球有些扁扁的，下面有些模糊，整體影像還算清楚	軟玻璃也稍微有點厚度，光線可能會因為折射而導致方有些模糊	
壓克力板	0.4 cm	1.3 cm	地球的成像位置偏下，下方有些模糊，不過看起來還算清楚	壓克力板的厚度較厚，光線可能會因為折射而導致成像偏下	
霧面光碟盒	1.0 cm	1.3 cm	地球看起來變小了，影像的顏色好像變淡了	霧面光碟盒會擋住部份光線，看起來稍微暗一些，不過還是很清楚	
透明光碟盒	1.5 cm	1.3 cm	整體影像非常清晰，地球有清楚地懸浮在空中	因為厚度比較薄，成像效果和透明膠片的成像其實不會差太多	

光碟片	1.0 cm	1.2 cm	地球很完整，下方多出半顆地球影像重疊，上方有一顆倒影，且影像太亮，看不清楚	因為光碟片只有反射，沒有透射，所以影像會比較清楚	
軟鏡子	1.2 cm	1.3 cm	整體影像清晰，地球有清楚地懸浮在空中	因為軟鏡子只有反射，沒有透射，所以影像會比較清楚	

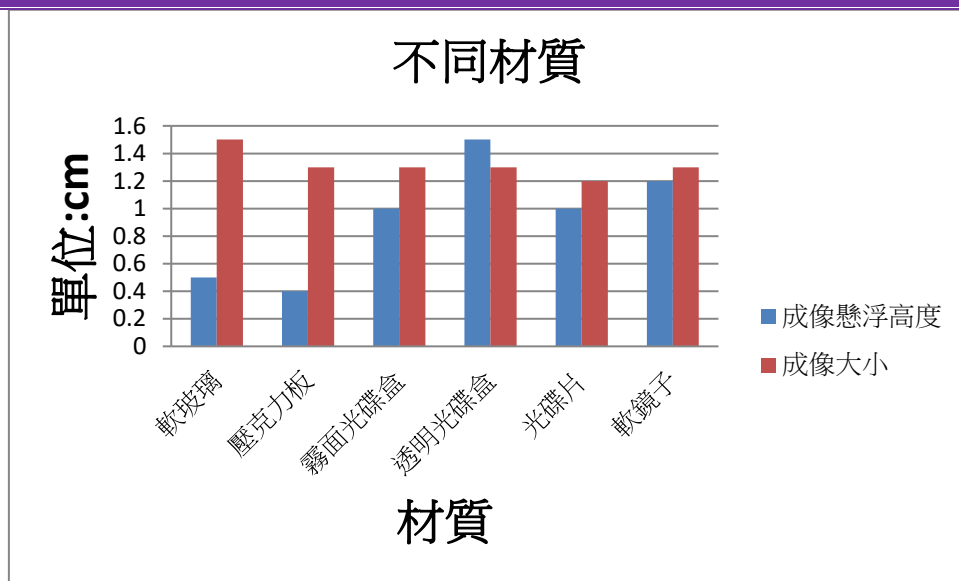


圖 17

2.發現：本組發現透明投影器比霧面投影器的效果好，而透明光碟盒的投影效果最好。

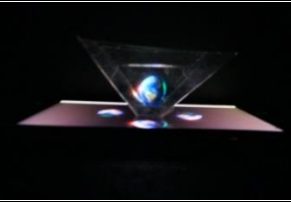

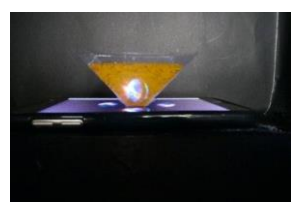
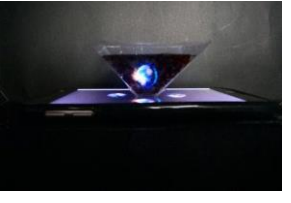


3.研究討論：經過此實驗，本組發現厚度會影響投影效果，容易產生疊影；而光碟片和軟鏡子雖然都是鏡像反射，但是光碟片有紋路，不如軟鏡子只有一個且清晰的成像，而且光碟片材質比軟鏡子更硬及脆不好裁切但優點是容易取得；透明光碟盒的投影效果最好，可是材質最硬最脆相當不好裁切，但做出來的模型不像膠片模型容易變形，而且材料隨手可得，沒有膠片時還有光碟片等材料製作。

五、探討不同內容物對成像效果的影響

實驗七

1.紀錄表：

表9 不同顏色碳酸飲料紀錄表

內容物名稱	成像懸浮高度	成像大小	地球的立體效果	不同飲料對投影效果的影響	照片
水	0.4 cm	1.3 cm	整體成像稍微變大了，但還算清楚。	其實和透明膠片的成像效果差不多	
雪碧	0.7 cm	1.1 cm	地球解析度次高，因為氣泡遮蔽的關係，上面的海洋和大陸有點不清楚。	雪碧是透明的但含有氣泡，所以比加水的投影成像較清楚。	
芬達	0.2 cm	1.2 cm	地球是模糊的，上頭的海洋和大陸也都看不清楚。	芬達是黃色且含有氣泡，因為黃色在投影下會越亮，所以只能看到些許成像。	
可樂	0.4 cm	1.1 cm	地球邊緣和下半部有點模糊，海洋看的清楚，但是陸地是模糊的。	可樂是咖啡色的且含有氣泡，因為可樂顏色較深，所以投影成像較不清楚。	
甘油	0.7 cm	1.1 cm	地球變得比較小，不過有些模糊。	甘油的成像位置較高且成像較小，比較看不清楚。	
環氧樹脂	0.4 cm	1.1 cm	地球的解析度還不錯，上面的海洋和大陸看得清楚。	環氧樹脂是透明固態，所以比加水的投影成像清楚。	

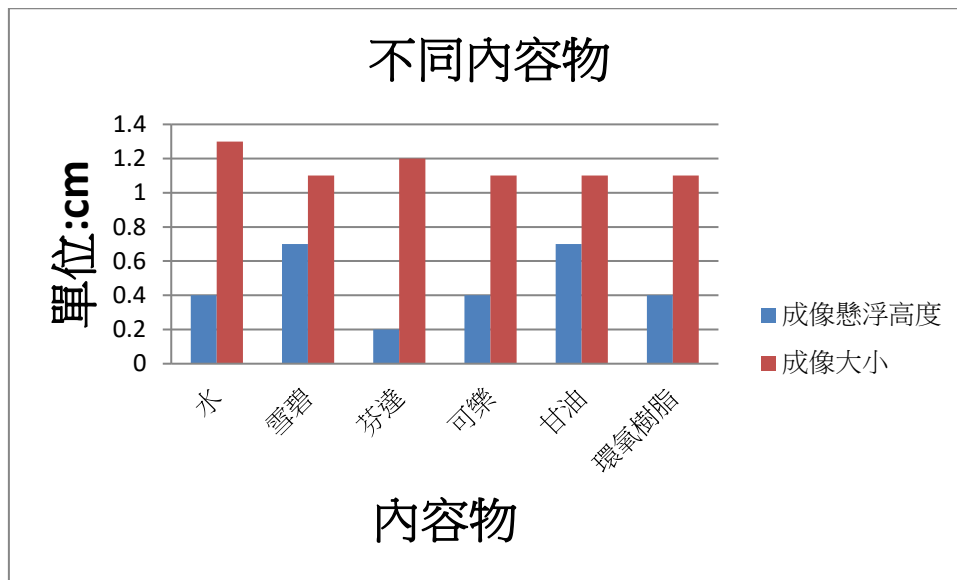


圖 18

2.發現：經過這次的實驗，本組發現水是透明的和沒加水投影效果差不多，成像是非常清楚的；可樂因為顏色較暗，能夠凸顯出主體的存在；芬達因為會反射其他色光，成像不清楚；雪碧其實和裝水的投影器差不多，只是多了氣泡；裝水的投影器效果最好，成像會大一些，而甘油則比較不清楚；最清楚的是環氧樹脂，因為它是固態，所以不易晃動，成像也相對清楚。

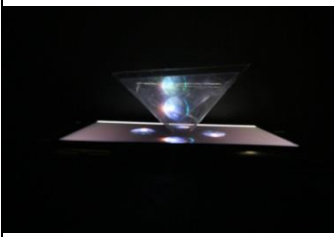
3.研究討論：把模型版拆掉環氧樹脂可以直接變成一個立體模型，再搭配動畫影片有利於製作模型展示台、影片展示器等生活上的應用。


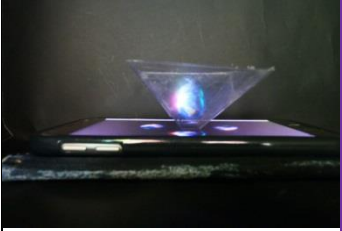
六、探討重疊投影器對成像效果的影響

實驗八

1.紀錄表

表 10 重疊投影器（正放）紀錄表

大小投影器比例	地球的立體效果	不同大小投影器倒放重疊對投影效果的影響	整體效果排序	照片
6.0-4.0.-1.0 cm/ 5.4-3.4-0.4 cm	兩個地球都不太清楚，但分開的狀況最明顯。	兩個投影器大小差距最大，因此會有兩個地球，且上方的地球上半部被切掉了。	3	

6.0-4.0.-1.0 cm/ 5.6-3.6-0.6 cm	兩個地球好像黏起來了，上頭的海洋和大陸比較清晰。	上方地球很模糊，但下方的地球是清楚的。	4	
6.0-4.0.-1.0 cm/ 5.8-3.8.-0.8 cm	地球的成像模糊，上面的海洋和大陸都看不清楚。	兩個地球幾乎貼在一起了，成像效果很模糊。	2	


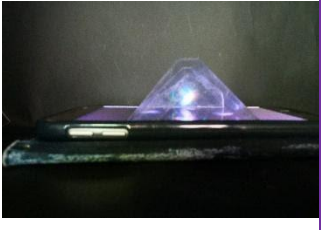
2.發現：兩層投影器因為光的反射跟折射，會有重疊影像，如果將兩個投影器大小差距提高就會形成兩個獨立投影。

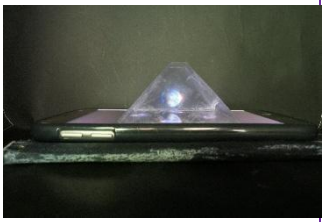
3.研究討論：本組在此實驗中發現單一層的投影效果最好。

實驗九

1.紀錄表

表 11 重疊投影器（倒放）紀錄表

大小投影器比例	地球的立體效果	不同大小投影器倒放重疊對投影效果的影響	整體效果排序	照片
6.0-4.0.-1.0 cm/ 5.6-3.6-0.6 cm	地球邊緣和上半部有點模糊，海洋和陸地大致清楚。	兩個投影器大小差距最大，因此地球的成像較低，下方有 1/4 顆地球。	3	
6.0-4.0.-1.0 cm/ 5.8-3.8.-0.8 cm	地球是模糊的，上頭的海洋和大陸也都看不清楚。	上方地球很模糊，但下方的 1/4 顆地球是清楚的。	4	

6.0-4.0.-1.0 cm/ 6.0-4.0.-1.0 cm	地球的解析度次高，上面的海洋和大陸只有一點點不清楚。	兩個大小不同但接近， 成像顛倒 效果還算清楚且下方多了約 1/4 顆地球。	2	
---	----------------------------	--	---	---





2.發現：兩個投影器重疊倒放，下方手機螢幕會多反射出 1/4~1/2 左右的地球成像，而且影像顛倒。本組發現地球的投影成像只有在裡面的投影器裡。

3.研究討論：本組在此實驗中發現單一層的投影效果最好。

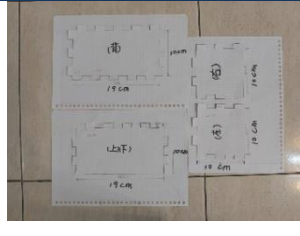
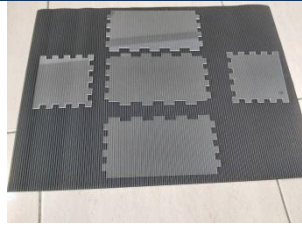
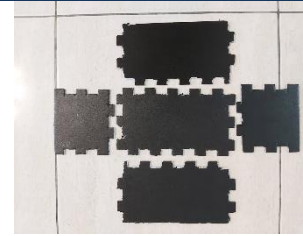

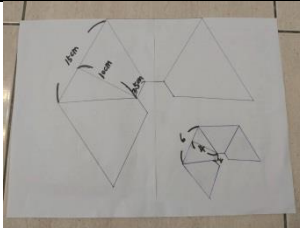
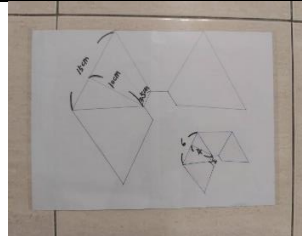


七、探討生活應用之可行性

(一) 治具製作推廣

1. 運用環保材料輔助研發製作治具。

			
圖 19-1 第一代投影箱(大紙箱)	圖 19-2 第二代投影箱(口罩盒)	圖 19-3 第三代投影箱(紙箱)	圖 19-4 第四代投影箱(珍珠板)



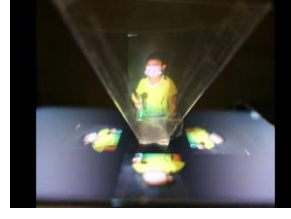
2. 投影箱治具製作圖

			
圖 20-1 在紙上畫出 投影箱模型尺寸	圖 20-2 利用雷切的 治具 輔助描繪	圖 20-3 切割 紙板	圖 20-4 完成投影箱
			
圖 20-5 在紙上畫出投 影器模型尺寸	圖 20-6 在膠片上描出 模型	圖 20-7 剪下 膠片	圖 20-8 完成投影器

3.說明：為了更方便推廣浮空投影，我們先將 1：4：6(公分)大小的紙模型影印在膠片上製成**治具**，另外用**雷射切割黑色珍珠板**做出 19*10*10(公分)，這樣就可以讓學員快速地依據模型組合出投影箱，再將膠片上投影器模型剪下，黏上接合面，組裝**小型投影箱**，搭配手機投影，馬上就可以享受浮空投影的聲光饗宴。這個尺寸可以**依據投影器材大小**選擇不同尺寸的投影器模型，而且一張珍珠板只要 23 元，膠片只要 7 元，**材料費只要 30 元就可以做出便利性跟穩定性的教材**。

(二) 防疫提醒使用




利用家中用完的**成人口罩盒**製成投影箱，再搭配簡易的投影器，錄製**個人防疫影片**，就可以使用手機或平板投影出脫口罩、噴酒精、勤洗手等防疫步驟，在入門玄關處播放提醒。

			
<p>圖 21-1 拿掉口罩盒蓋子黏上黑紙成暗箱</p>	<p>圖 21-2 製作投影器</p>	<p>圖 21-3 拍攝防疫影片</p>	<p>圖 21-4 放置於家中門口利用手機播放提醒自己</p>

(三) 商業廣告使用

1.每日特調飲料：可以在飲料吧台上放置**小暗箱**，用圖像投影的方式展示，讓顧客看到飲料圖像，較易選擇又可減少廣告成本。

2.服飾選購廣告：讓顧客在逛街挑衣服卻無法試穿衣物時，可以點選投影素材，可以直接呈現穿衣服時的樣子進行挑選，店家可自行錄製模特兒穿衣的投影素材，節省廣告成本，也減少接觸進而防疫。本組請家人擔任模特兒協助拍攝，完成投影素材，所以店家可以自己將服飾拍照成**平面目錄**，又可錄影製成**立體投影**。

		
<p>圖 22-1 小孩立體投影素材</p>	<p>圖 22-2 成人立體投影素材</p>	<p>圖 22-3 女裝立體投影素材</p>

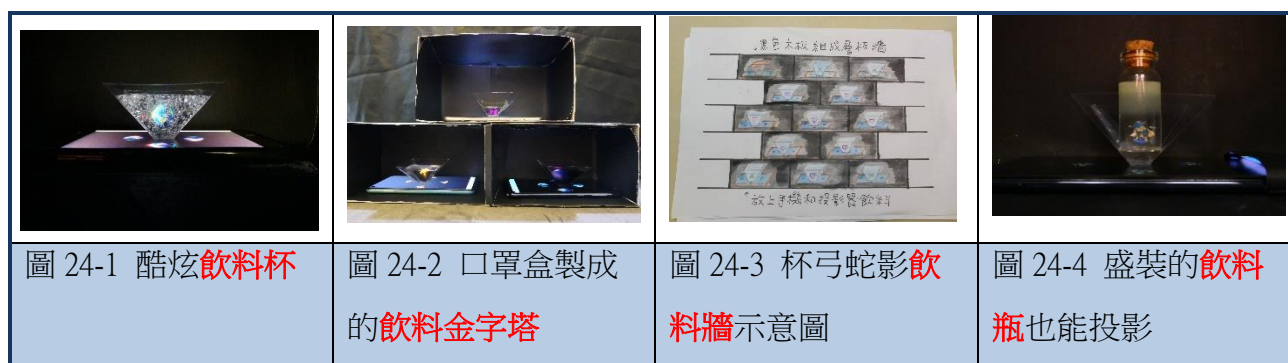
(四) 個人模型應用

不同顏色的投影器，浮空投影效果皆不同，以綠色透明膠片製作的投影器效果最佳，可用環氧樹脂做成**模型基座**搭配**投影圖像**，營造出特別的效果。如果想搭配自己的模型將環氧樹脂的基座染色，先以綠、藍色為優先考慮，若想要投影效果較不佳的紅色，就要選擇單純的投影素材例如白色閃電，依**投影器顏色**改變**投影圖像**，製造出最好的效果。也可以自己錄製**模型影片**製作**個人專屬模型**用品，本組相當喜歡漫威人物公仔及相關物品，但因為版權費用相當高昂，有聲光效果的漫威物品動輒 1 至 2 千元，現在我只要買一個公仔，再搭配環氧樹脂基座，再自行錄製公仔影片，節省下一半費用，就可有相同的享受，還可替換上方的模型，變身為另一裝飾品。



(五) 杯弓蛇影飲料牆

本組在家先利用數個**口罩盒**製成小暗箱，再放進手機和投影器飲料杯，就可以做出酷炫飲料吧檯。未來推廣方面，可以訂做**投影器模型的玻璃杯**，投影形成酷炫**飲料杯**；再則，建議店家或舉辦宴會者可以用**黑色層板**在牆面隔出數十個手機大小的黑格子(當作投影的小暗箱)，再放上手機和飲料，成形成一面有**聲光效果**又具**杯弓蛇影的飲料牆**，甚至連盛裝的**飲料瓶**也能投影，大大提升聚會的質感和展示效果。進一步可以運用在店家的用餐桌面，設計成可投影的設備，再放上投影器，投影器中可**直接擺放飲料杯**進行投影。



（六）個人影片介紹

如果需要自我介紹或主持節目時，可以**先行錄製影片**，搭配大型投影器投影，本人**在現場**時可以和預先錄製的影片中的自己進行**單口相聲**，但是有**對口相聲**的效果。

（七）線上教學使用

現在因為防疫而採取線上教學，可依據製具製作出簡易的投影箱及投影器，搭配教材可以讓老師在教學時**立體呈現出教材投影**，例如**生物課的立體心臟圖**。

陸、結論與建議

- 一、由研究方法的**實驗一、實驗二、三、四**得知，最佳的投影器為：**上方開口 6cm、下方開口 1cm、高 4cm**，且形體為**四面柱**的投影效果最好，建議大眾投影時依據此比例，可得較佳效果。
- 二、由**實驗五**得知，不同顏色的投影器，浮空投影效果皆不同，以**綠色**透明膠片製作的投影器效果最佳，其次是藍色、黃色及紅色。以後也可用環氧樹脂做成模型基座搭配投影圖像，營造出特別的效果，也可依投影器顏色改變投影圖像，製造出最好的效果。
- 三、由**實驗六**得知，運用最佳比例：**上方開口 6cm、下方開口 1cm、高 4cm**，製作成不同材質的投影器，其中如：軟玻璃、壓克力板因為有一定的厚度，成像效果與其他投影器會有些微的差異。而透明投影器的成像效果（如透明光碟盒等）則會比霧面投影器（如霧面光碟盒）好，投影效果最清楚的投影器則是**透明光碟盒**製成的投影器，特點是不易變形、易攜帶又便宜；缺點是不好切割、容易碎裂，是穩定性較高的一種材質。而鏡面反射成像相當清楚，但是沒有透視效果，影像無法聚焦在投影器中央，沒有驚奇性。這些原料都是從**生活隨手可得**的材料製作而成的投影器，其中的軟玻璃就是本組平時使用的墊板，而光碟片及盒子更是本組聽完的教學 CD 片，相當**方便又環保**。
- 四、由**實驗七**得知，內容物的改變會影響浮空投影的效果，內容物顏色越鮮明，投影效果越差；整體投影效果優劣為：雪碧 > 可樂 > 芬達。因此，可以利用 3D 列印壓克力杯或玻璃模型製作，並用舊手機當**杯墊**搭配投影軟體，製作出**酷炫的飲料杯**，甚至推廣到**大型宴會場的酷炫聲光飲料牆**。但是膠片太薄容易被吹動、水容易傾倒，而**環氧樹脂**是固體，所以可以製作成簡單的**客製化模型基座**，經濟實惠，而且方便省電，是一樣生活化又客製化的創意小物。
- 五、由**實驗八**得知，投影器（正放）搭配的差距越大，地球分裂的效果就越明顯，如果想要投影特殊效果，就可以利用此方法搭配影片達到效果。由**實驗九**得知，投影器（倒放）

的成像只會在裡面一層投影器而已，而且地球的成像不會分裂成兩個，另外地球的影像是顛倒的且地球的投影成像只有在裡面的投影器裡。雖然重疊投影器投影效果不佳，但是本組思考替換內層投影片成**飲料瓶**，反而投影效果更好，剛好搭配**酷炫聲光飲料牆**，為大型宴會**增加氣氛**，也可以讓廠商投影 Logo 達到廣告效果。

六、現在的投影軟影簡單又方便，而本組所使用的投影軟體 Hologram Pyramid Videos 還可以**自製小影片**，非常特別，可以應用在個人小劇場或是自我介紹的影片上，帶來華麗的效果，也可以讓教師應用於教學上，更可以讓廠商運用在商業方面。真的相當值得**製成教具推廣**，本組更設計出雷射切割投影箱及影印投影器模型讓實驗者**快速組裝**，而且成本低廉，只要 **30 元**就可以學習並享受浮空投影的實驗跟樂趣。

柒、參考資料

一、休伊特（2009）。觀念物理第四冊。台北市：天下遠見。

二、自然與生活科技第三冊（二上）。新北市：康軒出版社。

三、國立台中教育大學科學遊戲實驗室：浮空投影。取自：

<http://scigame.ntcu.edu.tw/light/light-039.html>



四、戴明鳳及其科普團隊（2015）。光學 DIY 探究教學—以魔法光學 DIY 引導探究光學現象和其諸多妙用。科學研習，54(8), 17-27。

五、南郭國小（2019）有趣的光雕秀—探討浮空投影的效果中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

六、張崑智（2017）駕著手機 乘著光 飛向類 3D 的世界。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

七、youtube 影片

1. 「周杰倫跨時代演唱會 360 度浮空立體成像」。取自：

<https://www.youtube.com/watch?v=jLFDnb1byjs>



2. 職人所 浮空投影。取自：

<https://www.youtube.com/watch?v=cKYlwLKfMpl>



【評語】 032901

本參賽研究與歷屆類似題目的參賽作品進行比較，新增探討因素如材質、顏色、內容物以及可能的應用示範，研究系統架構明確，善用科技輔助實驗，團隊認真用心以質性研究為主，可增加量化指標，以增加說服力。建議如下：

1. 將角度納入變因予以討論。
2. 針對光學現象如折射率進行較全面的文獻探討，再設計實驗內容。
3. 不同顏色膠片和不同顏色內容物的差異，需要提供清楚說明。
4. 為何內層放杯子效果更好，需要提供清楚說明。
5. 網路上已有不少教學內容與成品，建議凸顯本研究的獨特性。

作品簡報

今晚你想來點什麼？

漂浮的地球還是幻視旋風——

探討浮空投影的效果及應用

- 科別：生活與應用科學科(二)環保與民生
- 組別：國中組

研究動機

- 店家**商標投影**
- NBA籃球賽時看到地板上的倒數計時投影
- 自然與生活科技課本（三）4-3**光的特性**
- 在網路上搜尋了光的投影，發現**浮空投影**這個有趣的技術
- 浮空投影種類：
 - 1.有從布幕後投影的**背投影式**
 - 2.從手機上投影的**折射式**
 - 3.也有金字塔式投影（**反射式**）

形成的虛像



手機畫面

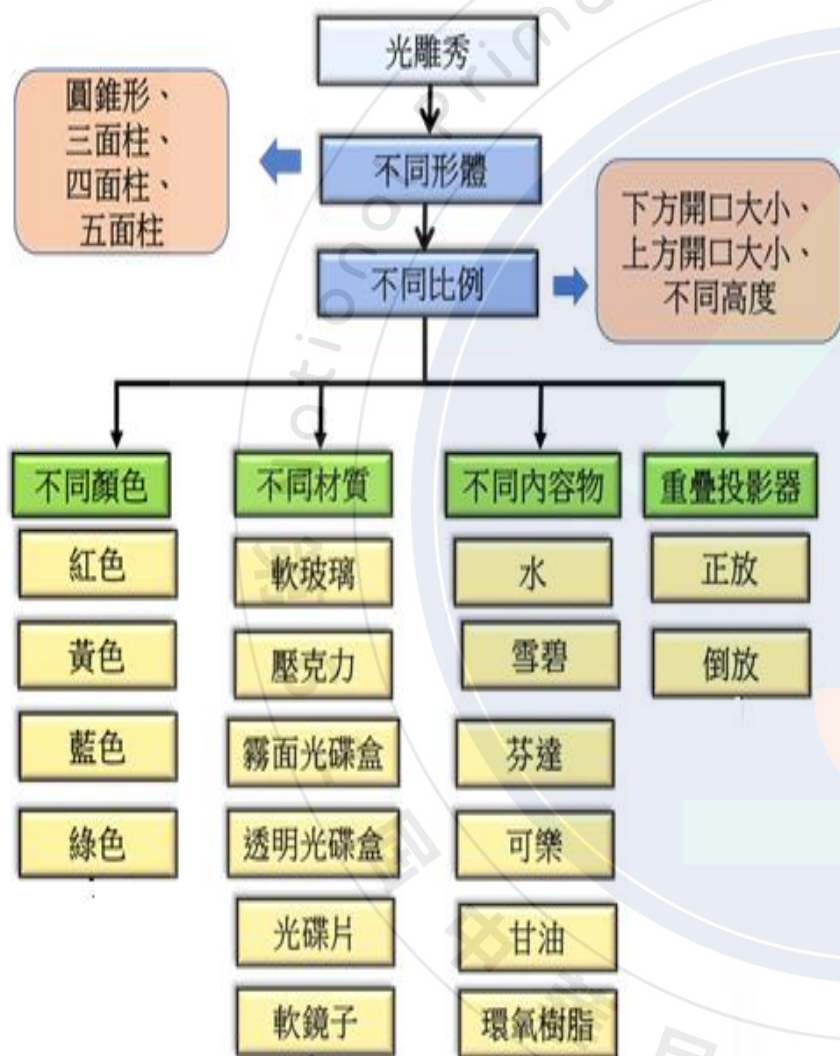
浮空投影成像原理圖

研究目的

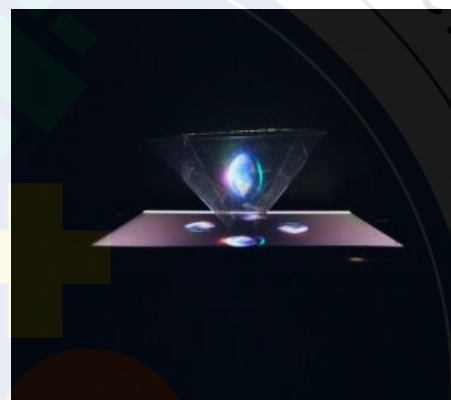
- 探討各種投影方式的成像，並找出不同以往的**投影方式**
- 研究假設:生活中隨手可得的材料製作各樣的投影器，**方便**又**環保**
- 朝客製化製作個人模型及飲料杯等**生活運用**方向發展

本屆實驗和歷屆科展實驗比較表

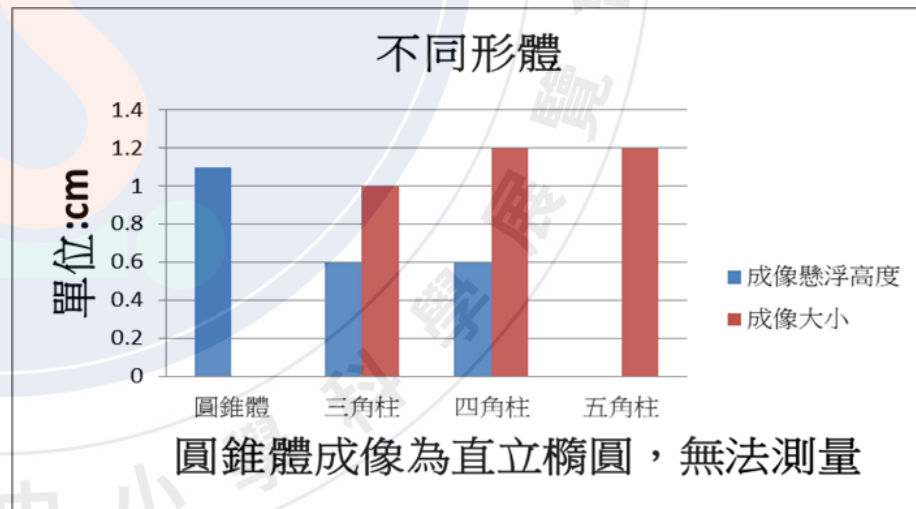
	第61屆：(本組)	第56屆：	第61屆：(本組)	第58屆：
實驗材料	軟玻璃、壓克力板、霧面光碟盒、光碟片、透明光碟盒、軟鏡子、L型透明資料夾膠片	壓克力板	軟玻璃、壓克力板、霧面光碟盒、光碟片、透明光碟盒、軟鏡子、L型透明資料夾膠片	透明膠片
特點	<p>不同材質投影器 ➡ 使用之材料隨手可得且製作方便，在家中就能製作，簡單又好玩</p>	<p>壓克力的厚薄度實驗、倒放投影器 ➡ 壓克力不容易買到且厚度較厚，切割不易</p>	<p>不同顏色投影器、動態投影素材 不同內容物：水、碳酸飲料、甘油、環氧樹脂 ➡</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 投影素材會受顏色影響，在利用固體的環氧樹脂製成有顏色的模型底座時，可注意投影素材的錄製，達到最佳投影效果 2. 實驗更多元的液體(水、碳酸飲料、甘油)進行比較，並將投影器製作成杯子，應用於生活 3. 動態素材富趣味性，更能觀看到立體投影可以自行錄製影片，作為個人影片或廣告 4. 製成治具，便宜又方便教學推廣 	<p>不同顏色投影背景、不同液體(水、酒精)、靜態投影素材 ➡ 水和酒精差異不大，不好比較，靜態投影素材雖方便拍照記錄，但不生動</p>



一、比較不同形體的浮空投影效果之差異

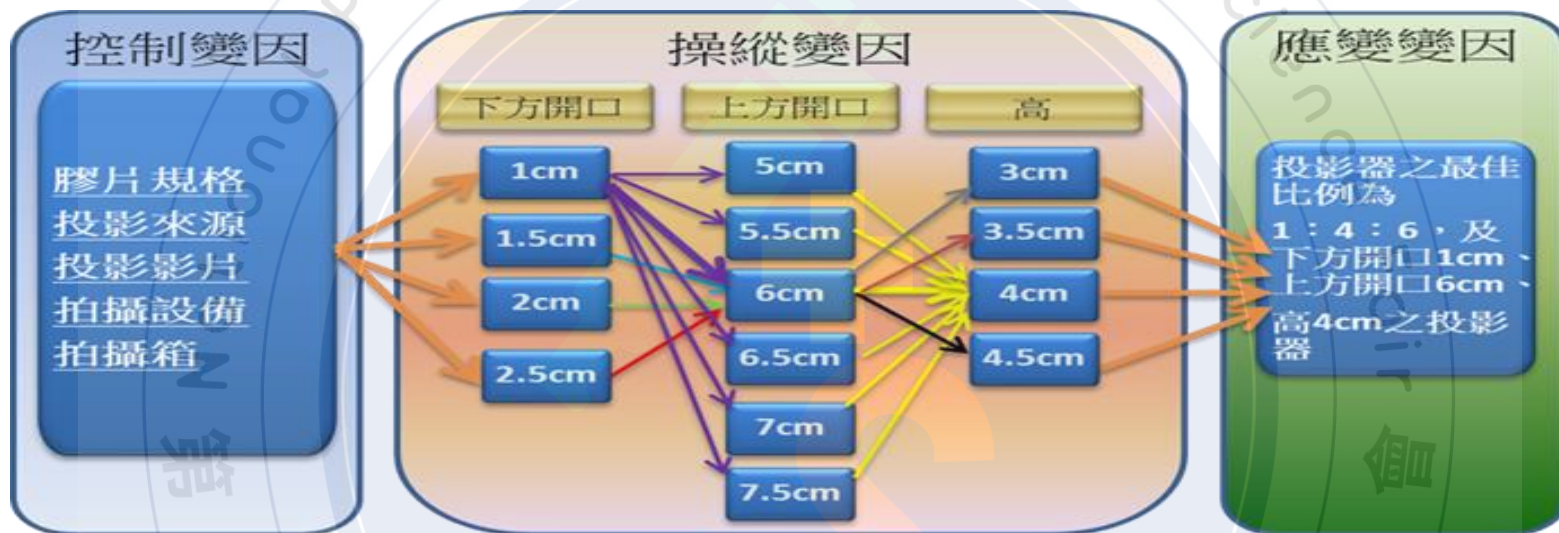


四面柱地球成像清楚，上頭的海洋和大陸都看得清楚。



研究結果與討論

二、比較不同比例的浮空投影效果之差異

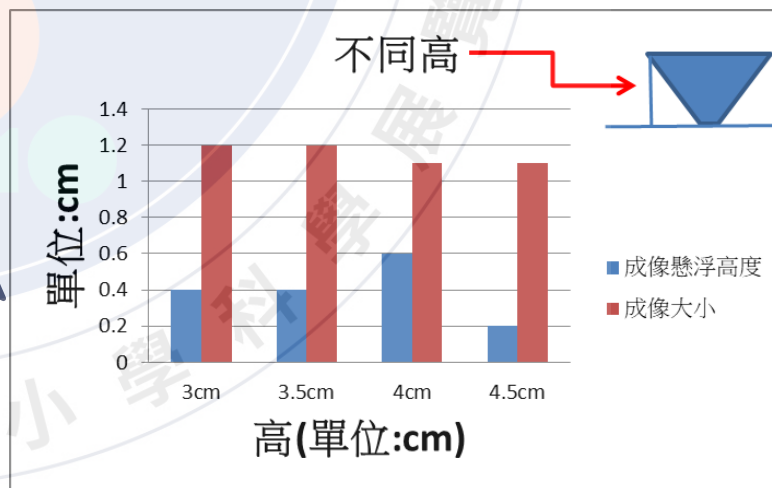


不同比例膠片的成像效果-不同高



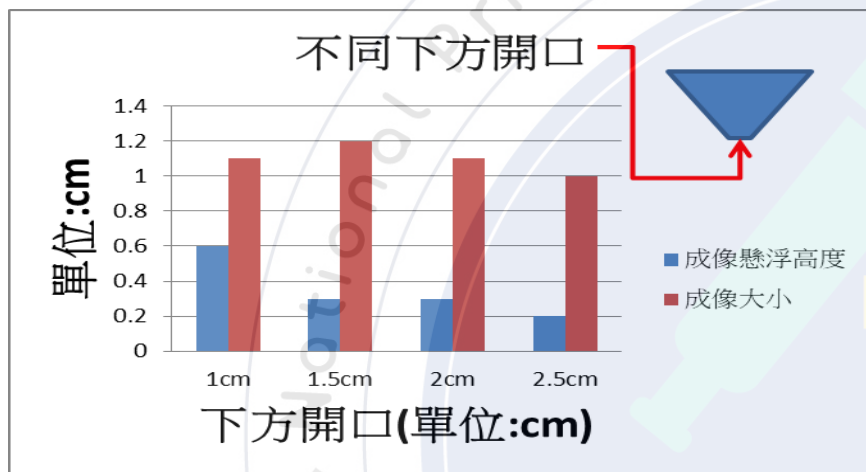
懸浮高度：
測量手機螢幕到地球的下緣

成像大小：
測量地球直徑
以手機後方光條為比例尺

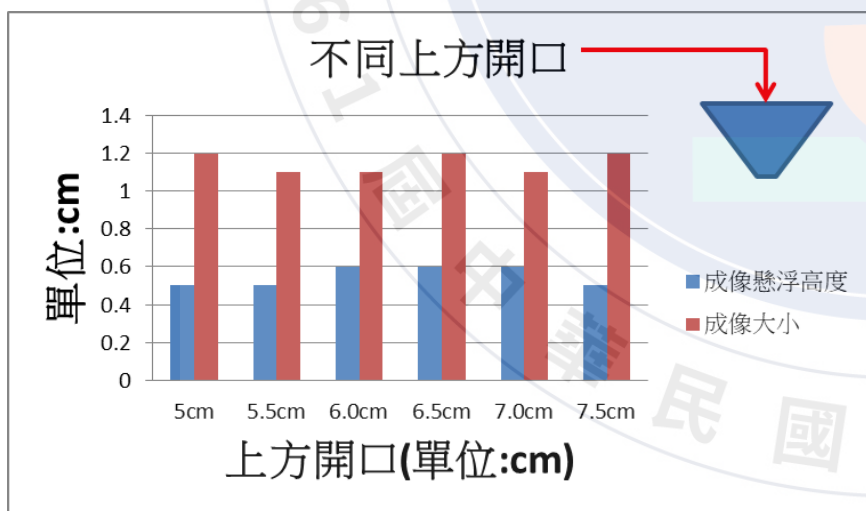


研究結果與討論

不同比例膠片的成像效果-不同下方開口

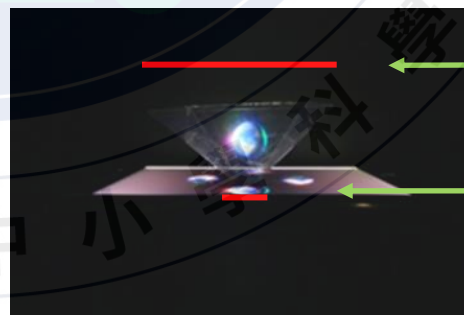
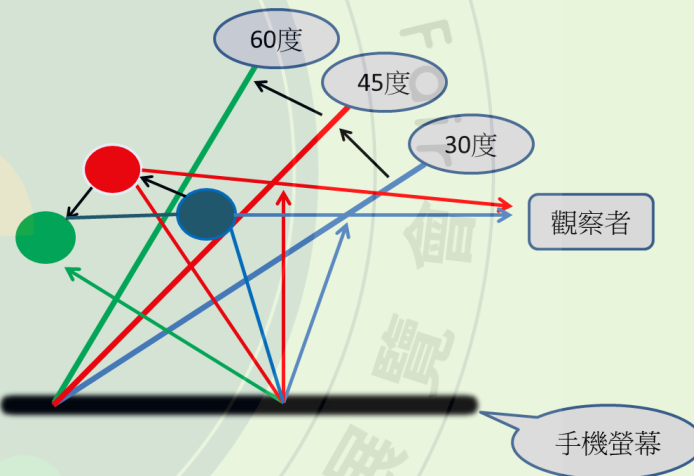


不同比例膠片的成像效果-不同上方開口



得出投影器的最佳比例為：

1：4：6cm且觀察出膠片與螢幕的角度由低於45度、45度、高於45度，影像的高度會先**上升後下降**。

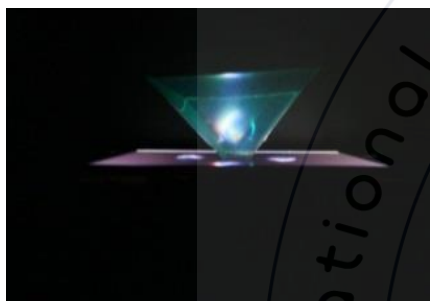


上方開口

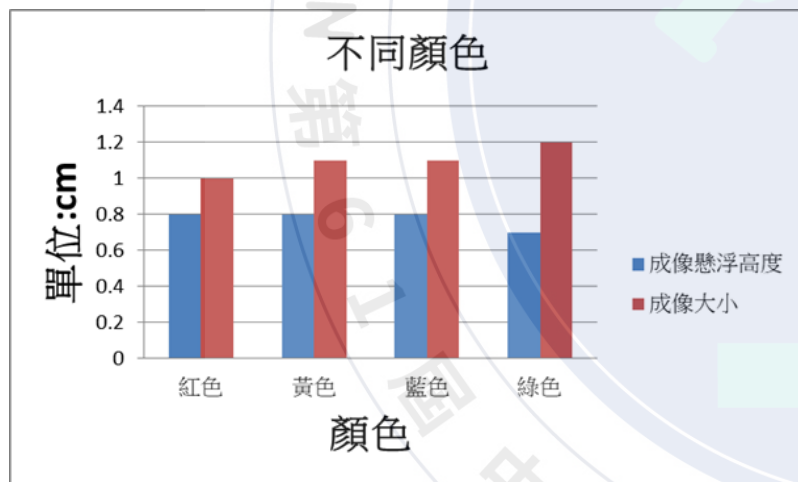
下方開口

研究結果與討論

三、探討不同顏色膠片的成像效果

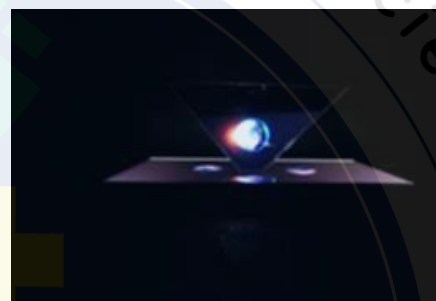


← 綠色投影器和主體（地球）的顏色有差異，所以成像較清楚

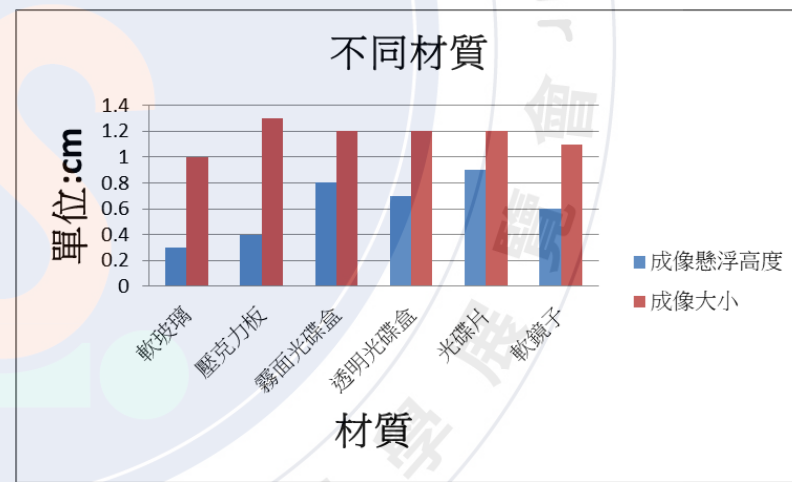


發現:顏色會影響投影效果，錄製影像當投影素材時，要列入考慮。

四、探討不同材質對成像效果的影響



← 因為軟鏡子只有反射，沒有透射，所以影像會比較清楚。



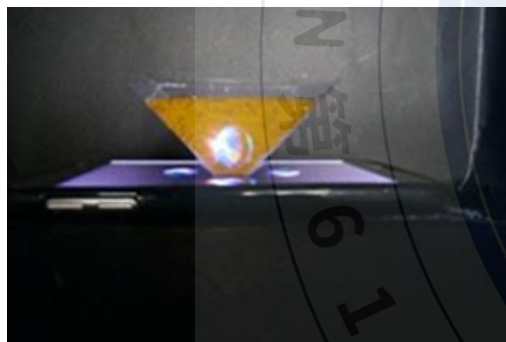
發現:厚度會影響投影效果，會產生疊影；光碟片和軟鏡子雖是不透明，但還是能投影(鏡像反射)。

研究結果與討論

五、探討不同內容物對成像效果的影響



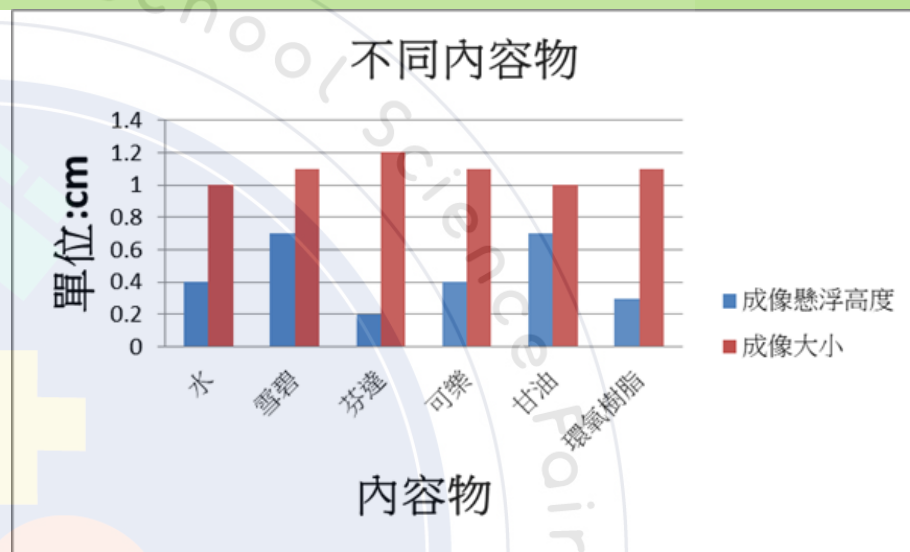
← 雪碧是透明的但含有氣泡，所以比加水的投影成像更有效果。



← 芬達和雪碧成分相近，溶質(糖)也差不多，可以知道色素會影響投影。



← 環氧樹脂是透明固態，所以比加水的投影成像清楚。



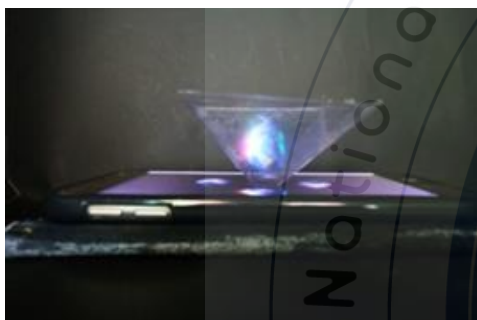
研究討論：把模型版拆掉環氧樹脂可以直接變成一個**立體模型**，再搭配動畫影片有利於製作模型展示台、影片展示器等生活上的應用。



研究結果與討論

六、探討重疊投影器對成像效果的影響

重疊投影器（正放）紀錄

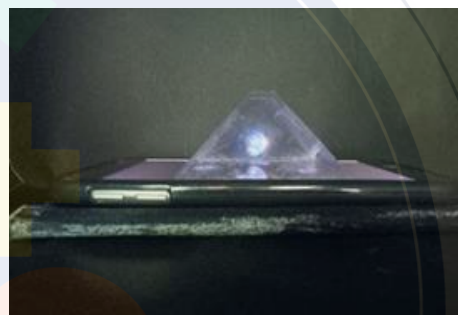


← 兩個地球幾乎貼在一起了，成像效果很模糊。

發現：兩層投影器因為光的反射跟折射，會有重疊影像，如果將兩個投影器大小差距提高就會形成**兩個獨立投影**。下(上)方成影由外(內)層投影器投出。

研究討論：本組在此實驗中發現單一層的投影效果最好。但可以進一步將柱狀飲料瓶或杯子放在內層進行投影，效果相當好。

重疊投影器（倒放）紀錄



← 兩個大小不同但接近，成像顛倒效果還算清楚。

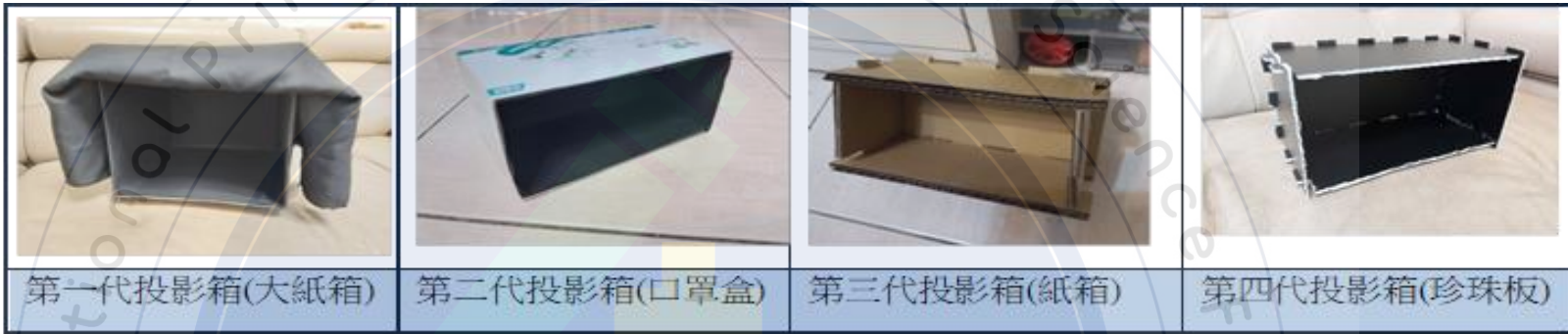
發現：兩個投影器重疊倒放，下方手機螢幕會多反射出1/4~1/2左右的地球成像，而且**影像顛倒**。**地球的投影成像只有在裡面的投影器裡。**



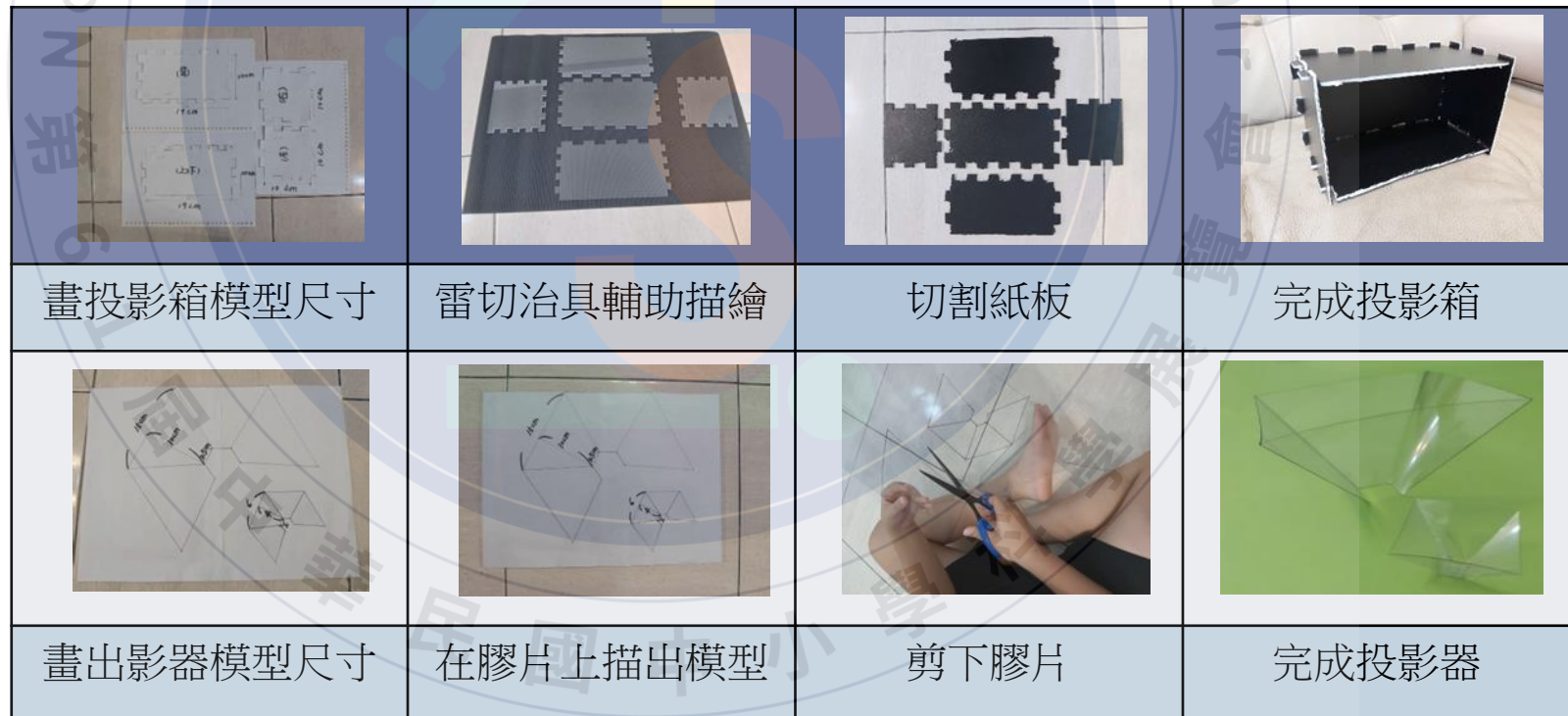
運用在生活上的探討

一、治具製作推廣

1. 運用環保材料輔助研發製作治具



2. 投影箱治具製作圖

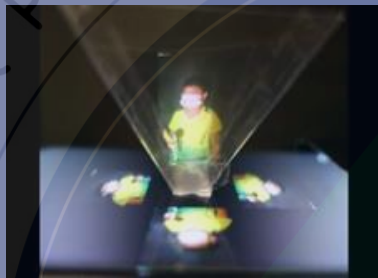


運用在生活上的探討

(二) 防疫提醒使用

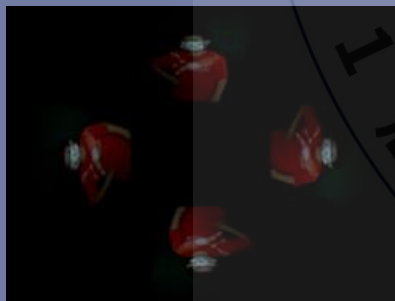


拍攝防疫影片

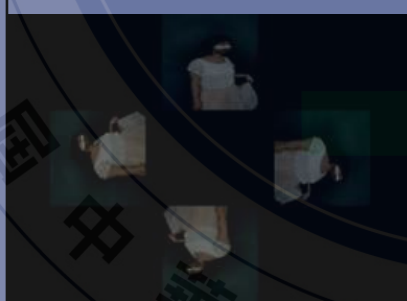


置於門口播放

(三) 商業廣告使用



小孩投影素材



女裝投影素材

(四) 個人模型應用



環氧樹脂投影器



公仔立體投影

(五) 杯弓蛇影飲料牆



飲料金字塔



飲料瓶投影

結論與建議

- 一. **透明膠片**製成下底邊長1cm、上底邊長6cm、高4cm的梯形所組成的**四面柱投影器**為最佳比例，且膠片與螢幕的角度由低於45度、45度、高於45度，影像的高度會先**上升後下降**。
- 二. 以**透明光碟盒**及**透明膠片**投影效果佳。盛裝**透明碳酸飲料**，不影響成像效果，但色素會影響，透明碳酸飲料有氣泡效果較為絢麗。
- 三. 投影器做成杯子可應用於**飲料吧牆及飲料瓶投影**。利用**環氧樹脂**製成立體投影器，可做成的模型基座。
- 四. 將投影器具製成**治具**，成本**低廉(膠片+投影箱只要30元)**又方便**教學及推廣**。
- 五. 浮空投影可提醒家人**小心防疫**；或是在購買東西時透過浮空投影廣告，減少接觸進而防疫。
- 六. 可自製小影片，應用在個人小劇場或是自我介紹的影片，一人也能帶來**對口相聲**的效果，也可以讓教師應用於教學上。

未來建議

- 一. 容易實驗方便學習光的特性
- 二. 投影器做成杯子便於民生使用
- 三. 製成治具成本低廉(30元)
- 四. 方便應用於生活防疫、廣告**相當值得製成教具推廣**。

參考資料

- 一. 休伊特 (2009)。觀念物理第四冊。台北市：天下遠見。
- 二. 國立台中教育大學科學遊戲實驗室：浮空投影
- 三. 戴明鳳及其科普團隊 (2015)。光學DIY探究教學—以魔法光學DIY引導探究光學現象和其諸多妙用。科學研習，54(8), 17-27。