

嘉義市第 34 屆中小學科學展覽會 作品說明書

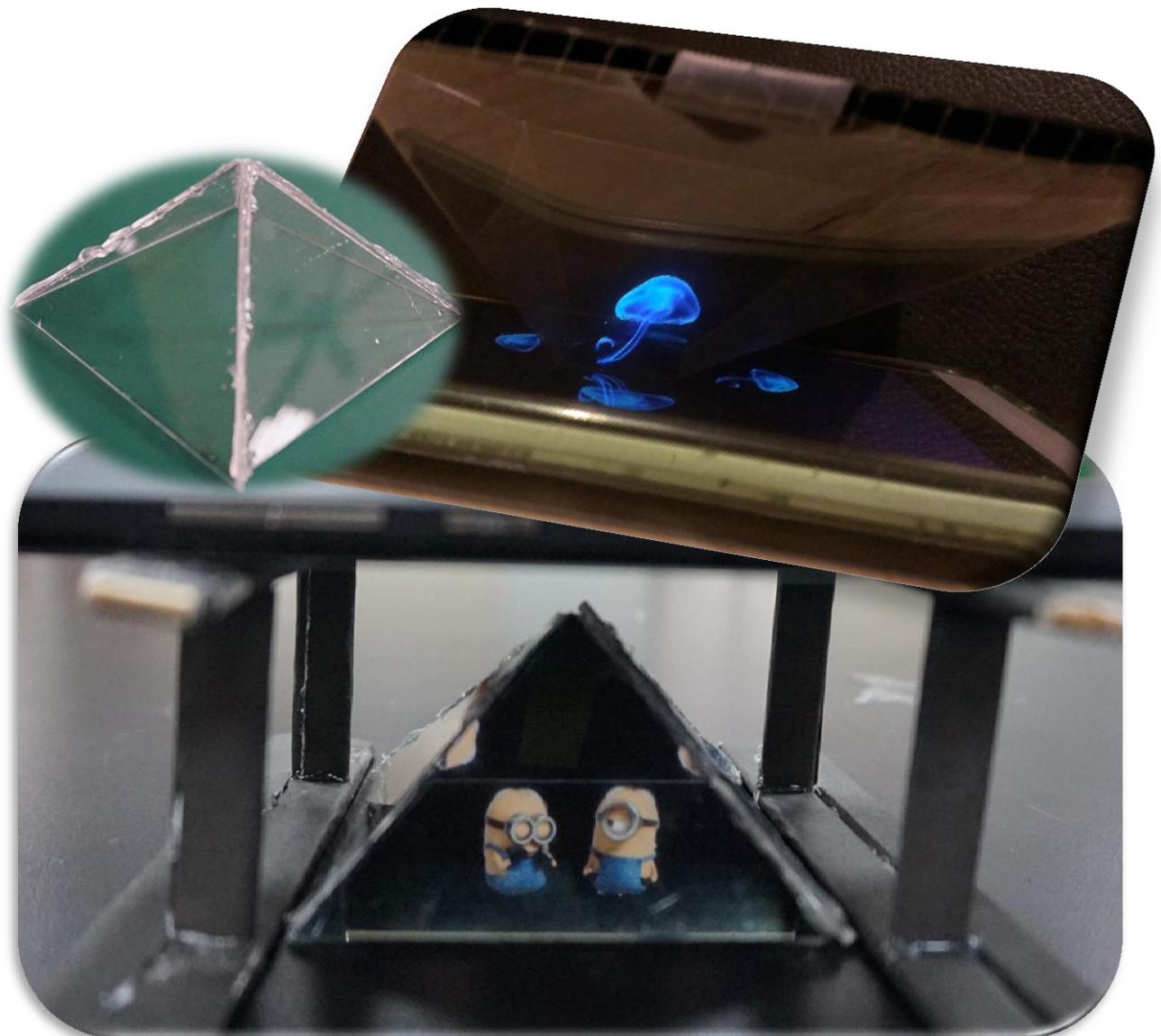
科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：跳出螢幕的小小兵

關鍵詞：光的反射、光的折射、偽全息投影

編 號：



作品名稱：跳出螢幕的小小兵

摘要

在這個研究裡，我們針對自製「偽全息投影」裝置進行材料測試，希望找到在有光的環境中，仍可形成清晰影像的材質，此研究總共設計了四個實驗，我們的實驗結果有以下幾個重點：

一、當塑膠片厚度小於 0.2mm 時，其裝置的軟硬程度，不影響成像清晰度，但透明度會影響，透明度不佳者，成像模糊。

二、厚度 2mm 的透明壓克力板，雖然透明度極佳，但光線會有折射再反射的情況，導致多個影像重疊而模糊不清。

三、貼有隔光紙的裝置，成像效果佳。

四、在有光線的環境下，採用隔光紙的裝置，仍可清晰成像。

壹、研究動機

在生活科技課時，老師介紹了全息投影技術，並且用投影片自製模擬裝置展現類似全息投影的效果（圖 1-1），當時覺得非常有趣，很想瞭解那個裝置的成像原理，所以上網找了一些相關資料，但礙於許多內容仍未學到，因此多次請教老師以瞭解其中的概念。過程中，我們發現，所有的相關資料或影片介紹，包括老師上課呈現時，都必須在暗室或光線昏暗處才能清楚看到影像，讓我們開始思考，是否有其它的材質，可以讓呈現的效果更好，甚至可以不用在暗室中就能清楚看到影像。於是在跟老師討論後，我們決定設計實驗，找出有什麼材質能夠符合我們的期望。



圖 1-1

貳、研究目的

本實驗目的是，製作不同材質的投影四角錐，進行實驗分析，找到在光線充足環境下仍可清晰成像的材料，為了使實驗順利進行，我們和老師討論後，設計了四個實驗：

1.實驗一：「厚度小於 0.2mm 的塑膠片，但透明程度不同及軟硬程度不同，成像效果是否會有所差異？」此實驗要探討厚度小於 0.2mm 的塑膠材料，其透明度與軟硬度，是否會影響成像結果。

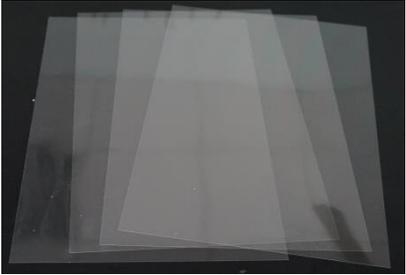
2.實驗二：「透明度相似，但厚度不同的塑膠片，成像效果是否會有所差異？」這個實驗要探討材料的厚度，是否會對成像結果造成影響。

3.實驗三：「不同 VLT（可見光）透視率的隔光紙，成像效果是否會有所差異？」此實驗要測試透視度較低的隔光紙，是否會有更好的成像結果。

4.實驗四：「不同材質的投影四角錐，在充足光線下的成像效果是否有所差異？」研究的最終目標，經由實驗找出可在充足光線下形成清晰影像的材料。

參、研究設備及器材

一、材料及工具

<p>A4 投影片 (約 0.12mm)</p>	<p>塑膠 Q 夾 (約 0.18mm)</p>
	
<p>A4 透明膠片 (約 0.18mm)</p>	<p>2mm 壓克力板 (60*60cm)</p>
	
<p>隔光紙 (品牌: Homefix) (規格: VLT 透視率 3%、10%、20%)</p>	<p>工具</p>
	 <p>(壓克力刀)</p>
<p>手機支架</p>	<p>自製暗箱</p>
	

肆、研究過程與方法

一、製作投影四角錐

1. 投影四角錐成像原理：

製作投影四角錐之前，必須先瞭解其成像原理，以便設計符合實驗規格的裝置。當投影四角錐斜面與手機夾 45° 時，手機的光線經由斜面水平反射出來，此時在斜面前方的眼睛，就會看到手機的影像，其基本原理就是鏡面反射（如圖 4-1）。

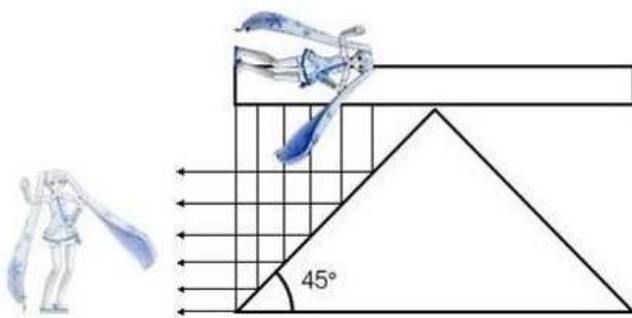


圖 4-1：當四角錐斜面和手機及水平桌面夾角 45° ，手機光線反射後會水平前進。

（圖片來源：

<http://jingyan.baidu.com/article/86f4a73e820d4b37d6526984.html>）

2. 投影四角錐的邊長比例：

為了使影像可以完整呈現，四角錐底部長度，我們採用手機螢幕寬度為標準，再來，手機平面和四角錐斜面固定夾 45° （即四角錐底面和斜面也是夾 45° ），所以 4 個斜面的等腰三角形之底和高就有固定的比例，且可由商高定理求出關係。說明如下：

此投影四角錐的底部為正方形，由圖 4-2 可知 \overline{OH} 是四角錐的高（即 $\angle OHE=90^\circ$ ）， H 是底部的中心點， E 是 \overline{AB} 的中點，可得 $\overline{AE}=\overline{EH}$ ；當四角錐斜面和底面夾 45° （即 $\angle OEH=45^\circ$ ），可發現 $\angle EOH=45^\circ$ ， $\triangle OEH$ 為等腰直角三角形即得 $\overline{OE}=\sqrt{2}\overline{EH}$ ，又 $\overline{OE}\perp\overline{AE}$ ，可得 $\overline{OA}=\sqrt{3}\overline{EH}$ 。

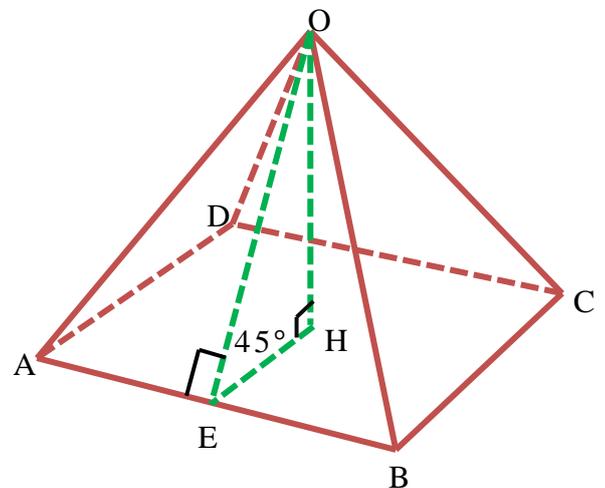


圖 4-2：投影四角錐構造示意圖

最後總結：

(1)四角錐底邊長=螢幕寬度

(2)斜面三角形高= $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ×底邊長 ≈ 0.707 ×底邊長

(3)斜面三角形腰長= $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ×底邊長 ≈ 0.866 ×底邊長

3.選定手機：

瞭解投影四角錐的比例關係後，我們決定採用 6 吋螢幕的手機（螢幕寬度 7.4cm），來進行實驗，依照前述的比例，我們製作的四角錐為底長 7.4cm，腰長 6.4cm，三角形高 5.2cm。

4.補充說明——撥放影片的選擇：

播放的影片需要特製，本實驗中並無自製影片，在實驗中使用的影片是來自 youtube 網站上的分享（搜尋關鍵字：『偽 3D』或『偽全息投影』）。

本實驗使用之影片名稱：Minions Fart - Screen Down - Pyramid

Hologram Holographic 3D

本實驗使用之影片網址：<https://www.youtube.com/watch?v=mGD-NSjfKjI>

投影四角錐有兩種擺放方式，一種是四角錐放在桌面，手機水平置於頂部（圖 4-3），在這種方式下，手機影片必須選擇四面影像之上方是朝向中心（圖 4-4），投影出來的畫面才會是正立的；另一種是手機放在桌上，投影四角錐倒立在手機上（圖 4-5），此種投影四角錐無尖銳頂部，是由四個等腰梯形組成（圖 4-6），且為了使成像清晰，所以底部需黏上深色板子，這種方式的影片是四面影像的下方朝向中心（圖 4-7）。

在本實驗中是採取第一種方式，考量到壓克力板的裁切不易，因此以切割最少的方式來進行。

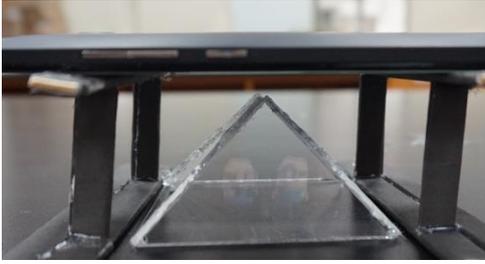


圖 4-3

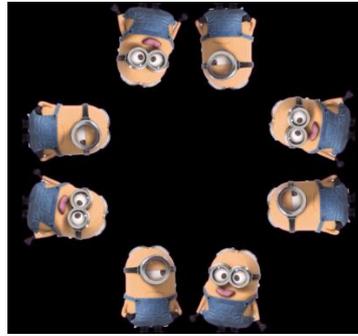


圖 4-4

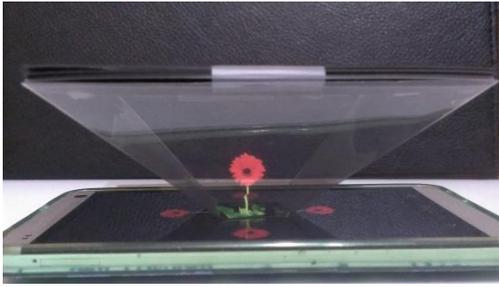


圖 4-5

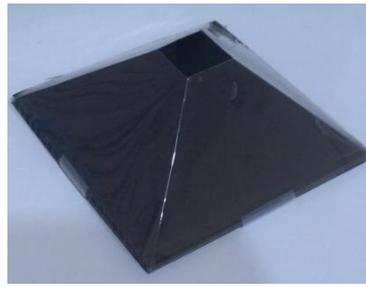


圖 4-6

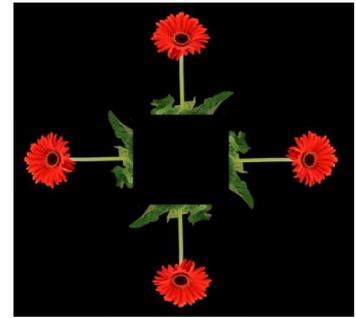


圖 4-7

二、實驗方法與流程

投影四角錐的基本原理是利用光線反射，因此我們首先尋找與投影片相似厚度的光滑透明材質來設計和進行實驗一。

◎實驗一：厚度小於 0.2mm 的塑膠片，但透明程度不同及軟硬程度不同，成像效果是否會有所差異？

1. 取厚度相似的透明投影片（0.12mm）、透明塑膠片（0.18mm）和常見的資料 Q 夾（0.18mm），將其裁切製作成四角錐，過程中要特別注意，邊緣要貼齊，膠帶需平整。

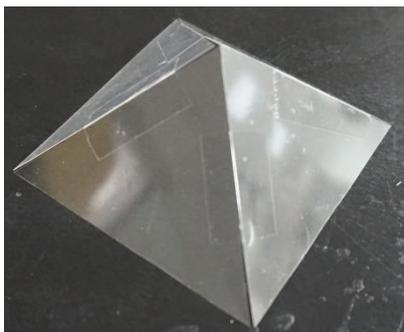


圖 4-8：投影片

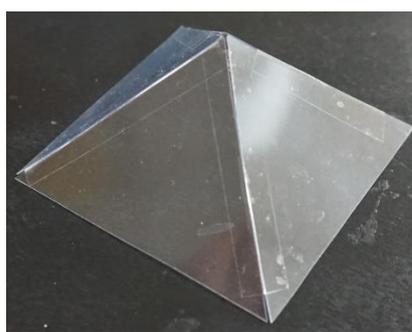


圖 4-9：透明塑膠片

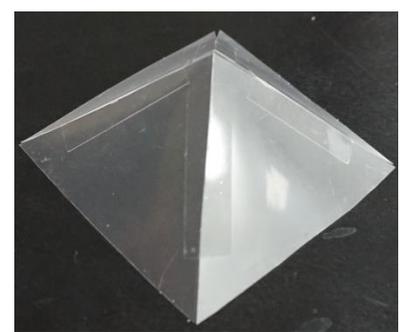


圖 4-10：Q 夾

2.放入暗箱，觀察成像差異並拍照比較。



圖 4-11：暗箱

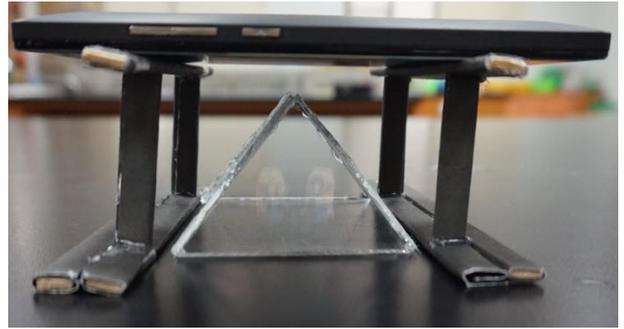


圖 4-12：暗箱內部示意圖

投影四角錐在正中間，支架在兩側，
手機擺在支架上。

完成實驗一後，我們決定進一步測試厚度不同的透明片，是否會有所成像差異，經過搜尋，我們找到了 CD 盒和壓克力板，CD 盒在測試過程中，由於形狀和材質關係，一直裁切失敗，故後來只採用了厚度 2mm 的壓克力板進行實驗二，2mm 是市面上一般規格中最小厚度。

◎實驗二：透明度相似，但厚度不同的塑膠片，成像效果是否會有所差異？

1.取厚度為 2mm 的壓克力板，將其裁切製作成四角錐。

(此部分要特別注意，壓克力板較厚，必須使用壓克力刀裁切，不可使用小刀，避免造成因刀片斷裂而飛出的危險。)



圖 4-13：壓克力板

因壓克力板比較厚，邊緣使用熱熔膠黏接。

2.放入暗箱，觀察投影片和壓克力板的成像差異並拍照比較。

實驗進行到這部分，我們在觀察和討論光線反射的狀況時，有同學提到家中汽車要換隔熱紙，長輩和車廠討論隔熱紙的分類，也有提到光線的反射能力，於是我們進一步查詢隔熱、隔光紙的原理，發現正好符合我們的需求，所以決定找隔光紙來進行實驗三。

◎實驗三：不同 VLT（可見光）透視率的隔光紙，成像效果是否會有所差異？

- 1.再次製作實驗二的壓克力板四角錐 3 組，並分別貼上不同 VLT 透視率的隔光紙。

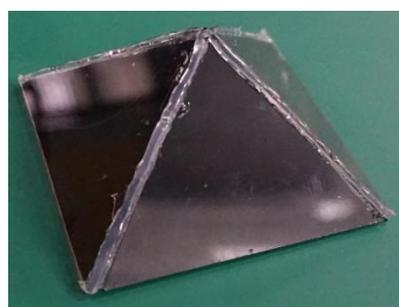
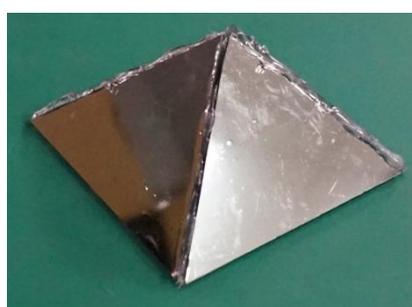
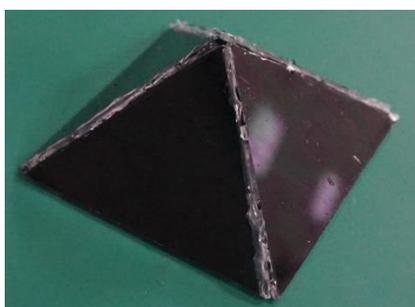


圖 4-14: VLT 透視率 20% 圖 4-15: VLT 透視率 10% 圖 4-16: VLT 透視率 2~4%

- 2.放入暗箱，觀察投影片和不同隔光紙的成像差異並拍照比較。

進行完三個實驗後，我們最後將測試，哪些材質的四角錐，才符合理想，在有光線的情況下仍可清晰成像，因此進行實驗四，做最後的實驗結果。

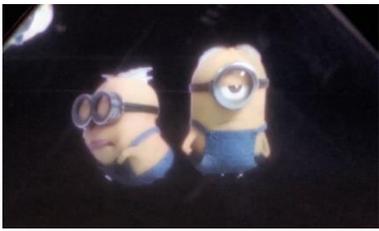
◎實驗四：不同材質的投影四角錐，在充足光線下的成像效果是否有所差異？

- 1.將實驗一～三的四角錐，放在光線充足的環境下，觀察成像差異並拍照比較。

伍、研究結果與討論

◎實驗一：厚度小於 0.2mm 的塑膠片，但透明程度不同及軟硬程度不同，成像效果是否會有所差異？

1. 實驗結果：

材質	0.12mm 投影片	0.18mm 塑膠片	0.18mm 資料 Q 夾
透明度	佳	佳	較差（有點霧面）
軟硬程度	軟	硬	軟
成像效果	最佳 影像清晰、亮度高	佳 影像清晰、亮度高	差 影像模糊、亮度低
實驗照片	 圖 5-1	 圖 5-2	 圖 5-3

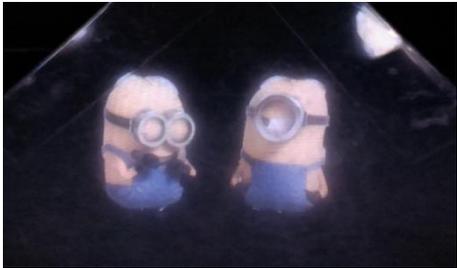
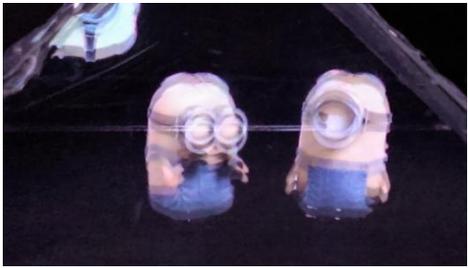
2. 實驗分析與討論

在這個實驗中，我們發現投影片的成像效果最佳，無論是影像的清晰度或亮度，都是表現最好的（圖 5-1）；透明塑膠片次之，影像一樣清晰，但是亮度比投影片稍微低一點（圖 5-2）；Q 夾則是影像模糊且亮度較暗（圖 5-3）。

由於 Q 夾是霧面，反射光線的能力較差，所以成像就比較模糊，由此可得，透明度較差者，成像效果也差；而投影片和透明塑膠片雖然軟硬程度不一，但透明程度相似，反射光線的能力也相當，成像效果差異不大，可見在厚度小於 0.2mm 下，材質軟硬程度不同，成像效果無顯著差異。

◎實驗二：透明度相似，但厚度不同的塑膠片，成像效果是否會有所差異？

1. 實驗結果：

材質	0.12mm 投影片	2mm 壓克力
透明度	佳	佳
軟硬程度	軟	硬
成像效果	最佳 影像清晰、亮度高	差 影像模糊、亮度較高
實驗照片	 <p>圖 5-4</p>	 <p>圖 5-5</p>

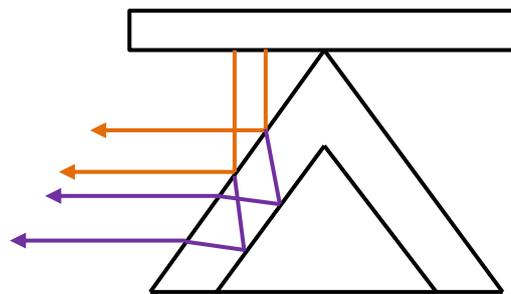
2. 實驗分析與討論

在這個實驗中，我們看到壓克力板的成像非常模糊，不過亮度卻比投影片還高（圖 5-5），仔細一看，我們發現壓克力板的成像，是由很多個影像重疊在一起，才導致影像模糊，這個結果引發了我們的好奇心，想要知道為何會有這樣的結果，於是上網搜尋參考資料，同時，老師建議我們翻閱八年級理化課程中的「光」單元，進一步瞭解面鏡和透鏡成像性質及種類。

經過資料的分析討論，我們發現壓克力板由於表面光滑，所以反射光線的能力很好，但因為它有 2mm 的厚度，使得我們不能忽略光進入壓克力板後的折射問題。光進入壓克力板時，發生了第一次折射，接著碰到底層後反射，當反射的光線碰到外層表面要穿透出來時，會產生第二次的折射，因而造成與一開始就在外表面反射的光線有間隔差距，這時候眼睛就會看到多個影像重疊在一起，所以雖然影像亮度很高，卻非常模糊。

圖 5-6：光線進入有厚度的壓克力板示意圖

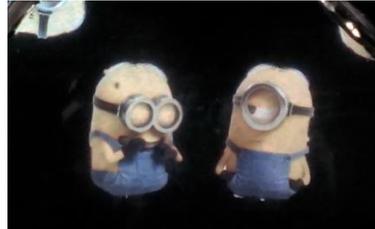
橘光代表光線直接在外表面反射，紫光代表進入壓克力板後，經過兩次折射和一次反射的光線，可以看見反射後的橘光和紫光位置有差距。



物體表面若反射光線之效果佳，則可看到影像亮度都非常的高，但如果想要影像清晰，就不能有多餘的光線干擾，市面上的隔光紙正好具備可過濾光線且有好的反射效果之條件，接下來，我們將用隔光紙在實驗三進行比較測試。

◎實驗三：不同 VLT（可見光）透視率的隔光紙，成像效果是否會有所差異？

1.實驗結果：

材質	隔光紙 A	隔光紙 B	隔光紙 C
VLT 透視率	20%	10%	3±1%
紅外線 阻隔率	15%	76%	12%
外觀	黑色亮面	銀黑色亮面	黑色亮面
成像 效果	佳 影像清晰、亮度高	較差 影像較糊、亮度最高	佳 影像清晰、亮度高
實驗 照片	 圖 5-7	 圖 5-8	 圖 5-9

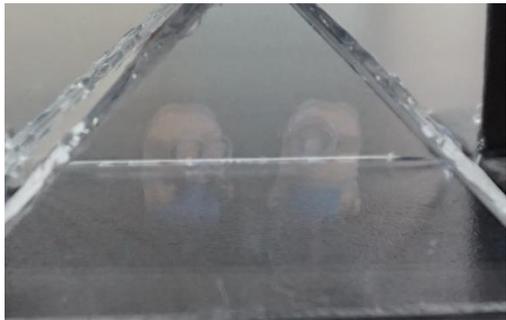
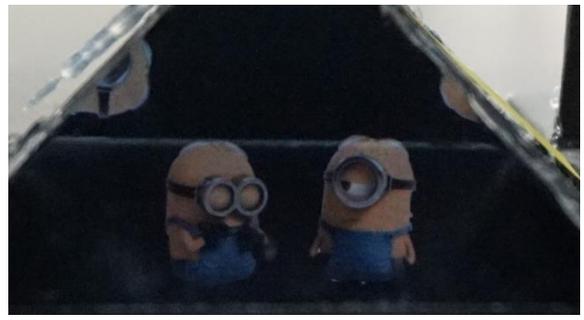
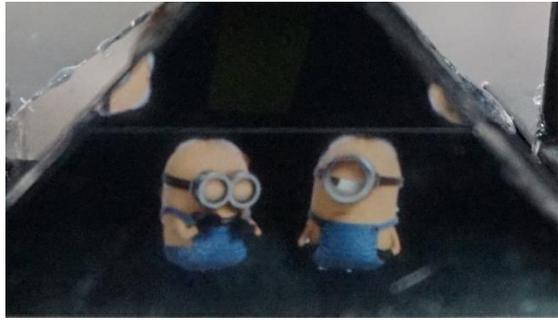
2. 實驗分析與討論

在這個實驗中，我們發現有貼隔光紙的成像效果，全部都比前兩個實驗還要好，除了影像在暗箱中更為清晰之外，色彩更為鮮艷。在暗箱中，VLT 透視率 20% 和 2~4% 的成像清晰度與亮度，兩者差異不大（圖 5-7&圖 5-9），不過 VLT 透視率 10% 的隔光紙，其影像卻較為模糊，仔細觀察後發現，模糊的原因是，隔光紙 B 的紅外線阻隔率為 76%，是三者中最高的，廠商為了阻隔紅外線，在隔光紙中加入一些金屬粒子，使得隔光紙 B 的外觀為銀黑色，反射光的量是三者中最多的，當大量的光線被反射後，影像亮度非常高，但也同時影響了清晰度，因而看起來是像光線暈開一般的模糊。

◎實驗四：不同材質的投影四角錐，在充足光線下的成像效果是否有所差異？

1. 實驗結果：

材質	投影片	透明塑膠片
成像效果	模糊黯淡	模糊黯淡
實驗照片	 圖 5-10	 圖 5-11

材質	資料 Q 夾	壓克力板
成像效果	模糊黯淡	模糊黯淡
實驗照片	 圖 5-12	 圖 5-13
材質	隔光紙 A—VLT 透視率 20%	隔光紙 B—VLT 透視率 10%
成像效果	影像清晰，但可透視到後面底邊	影像清晰、亮度佳
實驗照片	 圖 5-14	 圖 5-15
材質	隔光紙 C—VLT 透視率 2~4%	
成像效果	影像清晰	
實驗照片	 圖 5-16	

2. 實驗分析與討論

在這個實驗中可以看到，一般透明材質的四角錐，因為受到來自四面八方的光線干擾，所以形成的影像都非常的模糊黯淡（圖 5-10~圖 5-13），唯有

投影片的影像較為清晰（圖 5-10）；相較之下，隔光紙即使在有其他光線干擾的情況下，仍有很好的成像效果（圖 5-14～圖 5-16）。而原本在暗箱因為亮度太高導致光線暈開的隔光紙 B，在有光線下的成像效果卻是最好的，影像清晰度和亮度都是最佳表現；隔光紙 A 因為 VLT 透視率較高，所以在光線充足下，可透視到後方的四角錐底邊，造成影像如被切割一般（圖 5-14）。

隔光紙會阻隔來自其它方向的光線，將其反射回去，不像透明材質，會被來自背面、左方或右方的光線穿透，另一方面，隔光紙反射光線的能力，都比透明材質好，所以隔光紙在光線充足的情況下，依然可以形成清晰的影像。

陸、結論

- 1.在實驗一，探討「厚度小於 0.2mm 的塑膠片，但透明程度不同及軟硬程度不同，成像效果是否會有所差異？」的實驗中，我們發現在暗箱中，**厚度小於 0.2mm 的塑膠片中，透明度較佳的投影片和塑膠片，雖然軟硬程度不一，但都有較清晰且明亮的影像；而透明度較差的 Q 夾，其影像清晰度和亮度都明顯不佳。**
- 2.實驗二中，我們比較「透明度相似，但厚度不同的塑膠片，成像效果是否會有所差異？」結果得到，壓克力板雖然透明度高，但因為有較大的厚度，造成光線有折射再反射的現象，導致會有多個影像重疊，雖然光線反射量大，影像亮度高，但卻模糊不清，因此，**塑膠片的厚度對成像是利不利的。**
- 3.在實驗三，「不同 VLT（可見光）透視率的隔光紙，成像效果是否會有所差異？」我們觀察到，**隔光紙形成的影像清晰度、色彩鮮豔度與亮度，都比前兩個實驗的結果優良**，但是紅外線阻隔率最大的隔光紙 B，反射的光線量雖然最大，卻也同時導致影像光線有暈開而較為模糊的情況。
- 4.最後測試「不同材質的投影四角錐，在充足光線下的成像效果是否有所差異？」這個實驗是我們研究的最終目的，最後我們發現**隔光紙的四角錐，在有光線的情況下，仍可以形成清晰的影像**，其中又以紅外線阻隔率最高的隔光紙 B，在影像清晰度、色彩鮮豔度與亮度中，表現最為出色，而其它透明材質的塑膠片，在光線充足的環境中，影像顯得模糊黯淡。

這次的研究，我們不但達成期待的結果，實驗的過程中，更是學習到了不少知識，無論是數學上三角形角度與邊長的計算，或是理化中提到的面鏡、透鏡成像性質，再者，在設計實驗的過程裡，我們實際運用了自然課所學的假設與實驗方法，可謂是學以致用。最後的實驗結果，也讓我們非常雀躍，未來想更進一步學習這部分的影片製作，並擴展到平板上，如此一來，除了老師上課可以更清楚的呈現給學生看之外，我們自己在家中也多了一項與科學有關的娛樂，這就是寓教於樂的道理吧！

柒、參考文獻

1. 3M 小辭典—關於隔熱紙 (2016.02.01)
http://solutions.3m.com.tw/wps/portal/3M/zh_TW/TW_AADfilm/home/Autofilm/Introduction/Dictionary/
2. Blooming Flowers - Pyramid Hologram Screen Up (2016.01.26)
<https://www.youtube.com/watch?v=asNoWcrfebK&list=PLYROLFbAN8K0NHqcy7RihhHYTRn0oTTRX>
3. 用手機就能自製全息投影！漂浮幻象背後的原理 (2016.01.20)
<http://www.inside.com.tw/2016/03/02/new-viral-craze-create-holograms-with-your-smartphone>
4. 偽全息投影的製作詳解 (2016.01.20)
<http://jingyan.baidu.com/article/86f4a73e820d4b37d6526984.html>
5. 偽全息製作 (2016.01.20) <https://www.youtube.com/watch?v=l0oVGJzJhQk>
6. 淺述隔熱紙 (2016.02.01) <http://www.weyu.com.tw/insulation.asp>
7. 實驗影片 (2016.01.26) — Minions Fart - Screen Down - Pyramid Hologram Holographic 3D : <https://www.youtube.com/watch?v=mGD-NSjfKjI>
8. 翰林出版事業股份有限公司 (2015)。自然與生活科技第 3 冊。臺北：翰林。
9. 翰林出版事業股份有限公司 (2015)。數學第 3 冊。臺北：翰林。
10. 翰林出版事業股份有限公司 (2015)。數學第 4 冊。臺北：翰林。