

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

第三名

080812

果凍多色？我知道！

—探討光在不同型態介質下的反應

學校名稱：臺北市士林區天母國民小學

作者： 小五 陳思彤 小五 高瑛言 小五 楊閔翔 小五 蕭博瀚	指導老師： 羅文杰 秦秋香
---	---------------------

關鍵詞：折射、三原色、果凍蠟燭

## 摘 要

五年級學到透鏡單元時，知道光經過透鏡折射可以矯正視力。為何透鏡能讓光線偏折？實在讓我們想不透！如果要製作各形式玻璃實驗，這技術實在困難。後來看到透明果凍，突然想到，如果用來代替透鏡，不就能控制厚薄、濃度、顏色及透光度。於是便開始設計實驗，解決想知道的疑問，而從實驗中我們發現：

- 1.紅、綠、藍、白光對各硬度、厚度、顏色、濃度、密度果凍的透光與折射程度都不同
- 2.利用三色光，對各顏色果凍的透光度，發明了全彩色光分析儀與全彩比色器
- 3.利用三色光，對各顏色果凍的折射率，發明了光折射率測量器、雷射測距與校準台

沒想到小小的果凍，竟然解決了我們對光的疑惑，實驗中還意外設計出許多有趣的發明，真可說是小兵立大功呢！

關鍵詞：折射、三原色、果凍蠟燭

## 壹、研究動機

上了自然第二單元「為什麼眼鏡可以矯正視力」，學到了光的折射、聚合、擴散等現象與原理，當我們吃著愛心媽媽送來的果凍時，突然靈光乍現，如果把它們兩者串連起來，以 QQ 軟軟、透明可愛的果凍當介質，加上果凍顏色可均勻分布的特點，以此來探討透光與折射等變化，或許會有意想不到的火花產生，於是我們就開始一段「果凍大變身的愛麗絲夢幻之旅」！

## 貳、研究目的

- 一、探討果凍蠟燭的特性與製作方法的關係。
- 二、設計製作檢測工具，並呈現果凍蠟燭的特性。
- 三、探討果凍蠟燭的特性，對光照反應的影響。
- 四、由光照反應，歸納色光與透明色塊間的相互影響。
- 五、利用色塊對色光的關係，設計實用的檢測工具。

## 參、研究設備及器材

### 一、果凍蠟燭實驗組

#### (一)果凍蠟燭

- 1.製作材料：白蠟油、UV粉、色母(紅、綠、藍)
- 2.製作器具：瓦斯爐、鍋子、溫度計 水壺、玻璃容器 瓦斯噴槍

#### (二)自製檢測工具


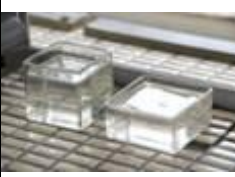

- 1.三彩色光分析儀：光照盒、光度檢測盒、全彩變色燈、光度計
- 2.全彩比色器：光照盒、反光鏡、白光 LED 燈、全彩變色燈
- 3.折射率測量器、折射率測量機台、光磚、雷射筆、固定座、量角器

### 二、實驗儀器：光度計、雷射筆(紅、綠、藍)、微量電子秤
















### 三、果凍蠟燭材料

成分					
	白蠟油	UV粉	色母(紅、綠、藍)		






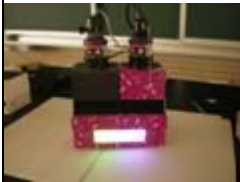









### 四、果凍蠟燭工具

工具					
	瓦斯爐、鍋子、溫度計		水壺	玻璃容器	瓦斯噴槍

### 五、果凍蠟燭成品

成品種類	不同硬度	不同厚度	紅色果凍	綠色果凍	藍色果凍
					
	軟	薄	淺	淺	淺
					
中	中	中	中	中	
					
硬	厚	深	深	深	

六、檢測工具(自製儀器)

名稱	操作	組 件 名 稱				
三彩色光分析儀						
	三彩色光分析	光照盒	光度檢測盒	全彩變色燈	光度計	
全彩比色器						
	色光比色	光照盒	反光鏡	白光 LED 燈	全彩變色燈	
折射率測量器						
	折射率測量	測量機台	光磚	雷射筆、固定座	量角器	

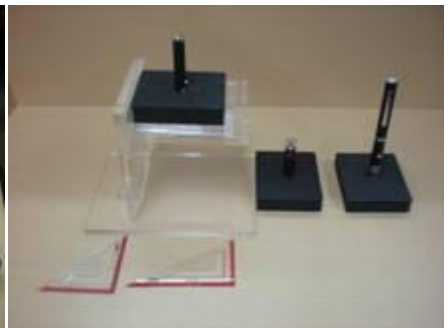
七、自製檢測工具操作



色彩比色



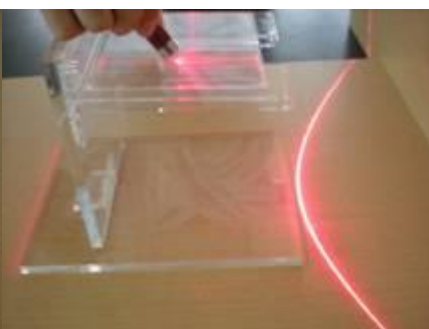
色彩分析



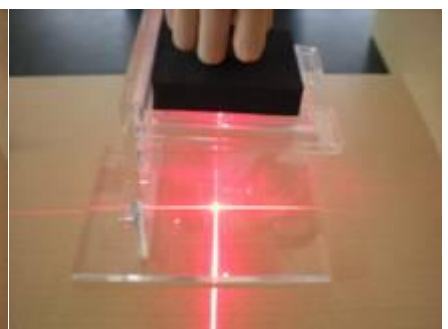
光折射測量



雷射測距



雷射測傾



雷射定位



## 肆、研究過程與方法

### 一、果凍製作流程與實驗定義

#### (一)選擇實驗需要的果凍

- 1.食用果凍：剛開始選擇日常生活最常見的食用果凍，經過一般製作步驟，發現有**不易保存**與無法設計出各種類型的缺點，因而不符實驗需求。



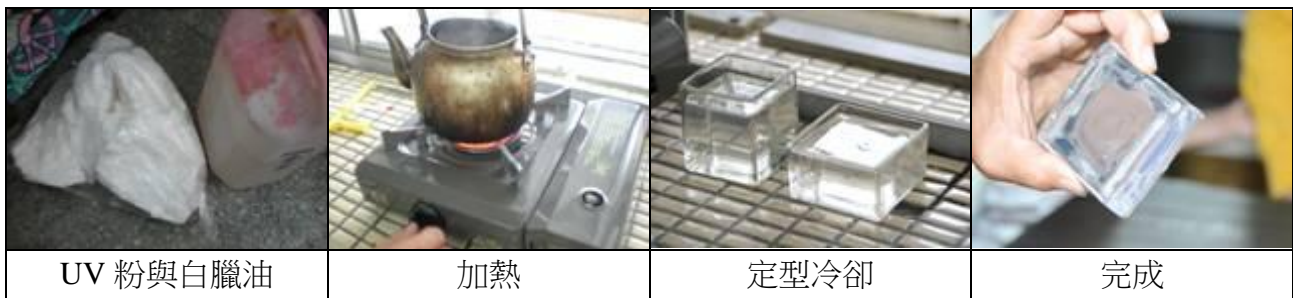
- 2.果凍蠟燭：經由請教師長與網路搜尋，幸運的獲得民間製作老師傅的熱心教導，發現果凍蠟燭在保存與變化等各方面的特性，都可以大幅滿足實驗的需要。



#### (1)製做過程：

- A 把 **UV 粉** 加入 **白蠟油** 中(**1:10** 的比例)
- B 用瓦斯爐加熱至 **120°C**
- C 倒入玻璃容器中直到冷卻後取出便完成

老師傅熱心教導



UV 粉與白蠟油

加熱

定型冷卻

完成

- (2)根據光的特性設計實驗，並製作符合需求的果凍蠟燭

- A 不同**硬度**：我們發現改變白蠟油與 UV 粉的比例，就可改變果凍蠟燭的硬度

**軟**→白蠟油：UV 粉=9：1

**中**→白蠟油：UV 粉=7：1

**硬**→白蠟油：UV 粉=5：1

- B 不同**厚度**：利用控制倒入玻璃容器中，未凝固果凍蠟燭的高度，凝固後便能製成不同厚度的果凍蠟燭

**薄**→容器二分滿高度 **1.8cm**

**中**→容器四分滿高度 **2.6cm**

**厚**→容器八分滿高度 **4cm**

- C 不同**顏色**：將紅綠藍三色母，依比例分別放入透明未凝固(**80°C**)的果凍蠟燭中，凝固後便製成不同顏色的果凍蠟燭

**紅**→400g 的果凍蠟燭，放入 **2g** 的紅色母

**綠**→400g 的果凍蠟燭，放入 **4.4g** 的黃色與 **0.6g** 的藍色母

**藍**→400g 的果凍蠟燭，放入 **0.5g** 的藍色母



D 不同**濃度**：以原有的果凍蠟燭顏色濃度為基準，依**濃**→**200%**、**淺** **50%**的比例，調出各濃度的果凍蠟燭

紅→淺：放入 **1g** 紅色母

深：放入 **3g** 紅色母

綠→淺：放入 **2.8g** 黃色母與 **0.4g** 藍色母

深：放入 **6g** 黃色母與 **1g** 藍色母

藍→淺：放入 **0.25g** 藍色母

深：放入 **1g** 藍色母



(3)根據果凍對**光照**反應定訂檢測的標準

A **硬度**：利用 **1cm\*2cm\*8cm** 的長方體果凍蠟燭，以尺架在 **8cm** 的中央處，平衡**一分鐘**後，測量彎曲變形程度，便可量出果凍蠟燭的硬度



B **色光**：利用可調整 **20** 階的**紅、綠、藍** 三色光的 **LED 全彩燈**，以單色光**最高亮階**，做為紅、綠、藍的基準色光，用來做為比對果凍蠟燭顏色的成分



C **透光度**：利用**光照計**測量光源(LED 燈)，比較**直接照射**與**透過果凍蠟燭**兩者的比值，便可量出果凍蠟燭的透光度



D **折射率**：利用**雷射光**穿透**光** **磚**，在內部不斷產生折、反射，使單一光束擴散成**光柵**，由測量光穿透果凍與否的差距，便能得知折射率



## 二、變項探討與實驗設計

### (一)不同**硬度**的果凍對**透光**的影響

操作

- 1.以白色 LED 燈，透過光照盒，以光照計測量不同硬度果凍蠟燭的透光量
- 2.以果凍變形程度，測量果凍蠟燭的硬度

記錄：透光率、變形比

分析：由比對相當於玻璃的 **85%**透光率，換算符合此硬度所需之果凍蠟燭中白蠟與 UV 粉的比例，做為後續果凍蠟燭實驗的標準硬度



### (二)不同**厚度**的果凍對**透光**的影響

操作：以白色 LED 燈，透過光照盒，以光照計測量不同厚度果凍蠟燭(最佳硬度透光比)的透光量

記錄：透光率、厚度

分析：由比對三種厚度果凍蠟燭的透光率，瞭解厚度對透光的遞減率，並換算出符合實驗所需的適當厚度，做為後續果凍蠟燭實驗的標準厚度



### (三)果凍**顏色**對不同**色光穿透**的影響

操作：

- 1.以最佳硬度與厚度，製成標準濃度的紅、綠、藍三色果凍蠟燭
- 2.以全彩色 LED 燈，透過光照盒，以光照計分別測量全彩燈所調整出紅、綠、藍色光(最高 20 階)的透光量

記錄：各色光對各果凍蠟燭的透光率

分析：

- 1.由紅、綠、藍三色光，對同一顏色果凍蠟燭的透光率，可分析果凍中，紅、綠、藍三色的**成分比例**
- 2.由同一色光，對紅、綠、藍顏色果凍蠟燭的透光率，可分析紅、綠、藍色光對紅、綠、藍色塊的**吸收與反射**比



### (四)不同**色光**對**同色系不同深淺濃度**果凍蠟燭**折射**的影響

操作：

- 1.以標準濃度的紅、綠、藍三色果凍蠟燭，調製出深→200%、淺→50%濃度的果凍蠟燭
- 2.以紅、綠、藍三色的雷射光束，透過光磚重覆折、反射，轉換成雷射光柵射出
- 3.分別用紅、綠、藍三色的雷射光柵，照射同色系



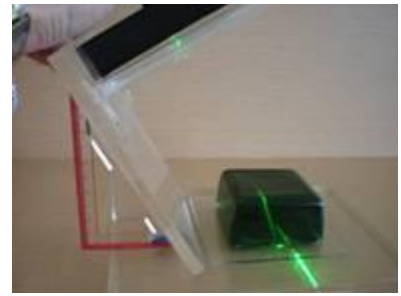


淺、中、深的果凍蠟燭

記錄：雷射光柵對同色系不同濃度果凍蠟燭的折射情形

分析：

- 1.色塊顏色濃度對光線折射的影響
- 2.由色光對同色系色塊的折射率，可測量顏色的濃度



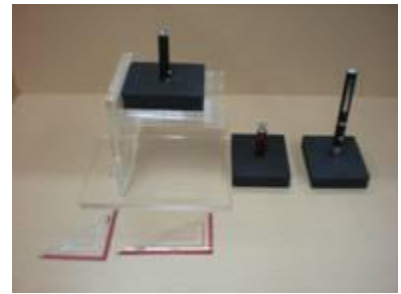
(五)果凍**密度**對不同**色光折射**的影響

操作：由紅、綠、藍三色雷射光柵，照射不同硬度(密度)果凍蠟燭

記錄：紅綠藍三色雷射光柵，在不同硬度果凍蠟燭的折射

分析：

- 1.果凍硬度對不同色光折射的影響
- 2.由不同色光的折射率，可測量透明物的密度



### 三、實驗操作過程



色彩分析操作



色彩分析實驗



色彩比色實驗



果凍密度折射率測量



顏色濃度折射率測量



果凍高度折射率測量

## 伍、研究結果

### 實驗一：不同硬度的果凍對透光的影響

說明：1.對照組採透明壓克力板為介質。

2.實驗組採軟、中、硬三種硬度無色透明果凍蠟燭為介質。

3.比較白、紅、綠、藍四色光，對三種硬度果凍蠟燭的透光值。

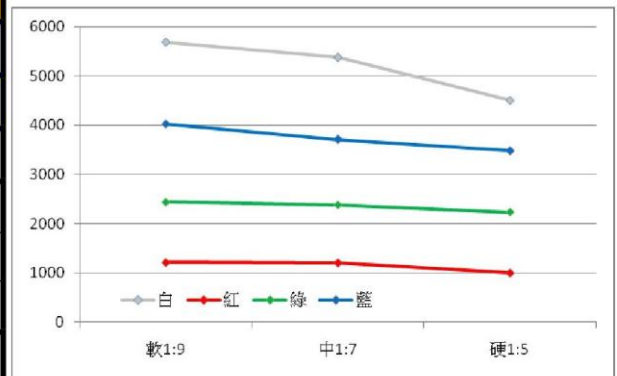
4.再與透明壓克力對照，算出透光比。

結果：

表：各色光對不同硬度果凍蠟燭的透光比較

果凍 色光	不同硬度透明果凍			
	實驗組			對照組
	軟 1:9	中 1:7	硬 1:5	無
白光	5690(83%)	5380(79%)	4510(66%)	6850
紅光	1213(99%)	1205(99%)	998(82%)	1220
綠光	2440(93%)	2380(91%)	2230(85%)	2620
藍光	4020(96%)	3710(88%)	3480(83%)	4200
厚度(cm)	2.8	2.9	3	0

照度單位：流明



圖：色光對果凍蠟燭硬度透光值

發現：

1.各色光對不同硬度果凍蠟燭的穿透發現

(1)硬度：越軟(硬)→透光率越高(低)

(2)色光：白光>藍光>綠光>紅光

(3)各硬度果凍蠟燭透光都比透明壓克力差

2.將色光對果凍的透光值，對照透明壓克力，  
便能看到色光對不同硬度果凍蠟燭的透光比

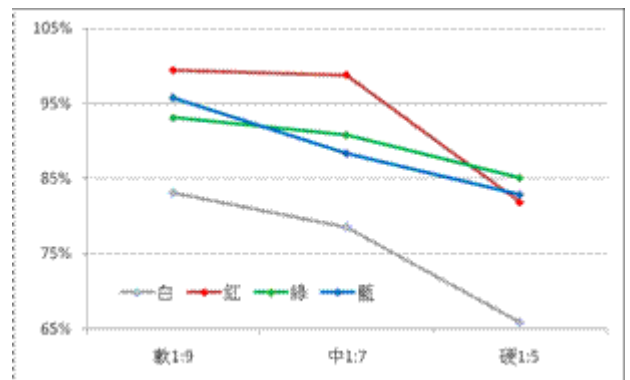
(1)果凍由軟(1:9)到中(1:7)時，藍光(7.38%)降  
幅比紅、綠色光(0.66%、2.29%)多

(2)果凍由中(1:7)到硬(1:5)時，紅光(17%)降幅比綠、藍色光(5.73%、5.47%)多

(3)白光對果凍硬度的透光比，降幅和紅光相同，都是先慢(軟→中)後快(中→硬)

(4)白光的透光值雖然高，但透光的耗損也最高；紅光的透光值雖低，但透光耗損卻最少

(5)四色光的透光比和透光值呈相反的趨勢：紅光>綠光>藍光>白光



圖：色光對果凍蠟燭硬度透光比

思考：

1.為避免果凍蠟燭硬度不足，影響日後的實驗與應用，決定以 1:6 的 UV 粉與白蠟比例，  
做為後續果凍蠟燭實驗的標準硬度。

2.但 1:6 的比例與透明壓克力板比較後，換算透光率約只達白光 75%、紅光 90%、綠光  
87%、藍光 85%，無法達到透明壓克力 90%以上的透光效果

3.所以要是能減少厚度的話，是否能有效提高透光率呢？

## 實驗二：不同厚度的果凍對透光的影響

說明：1.對照組採透明壓克力板為介質。

2.實驗組採薄、中、厚三種厚度的透明果凍蠟燭(硬度 1:6)為介質。

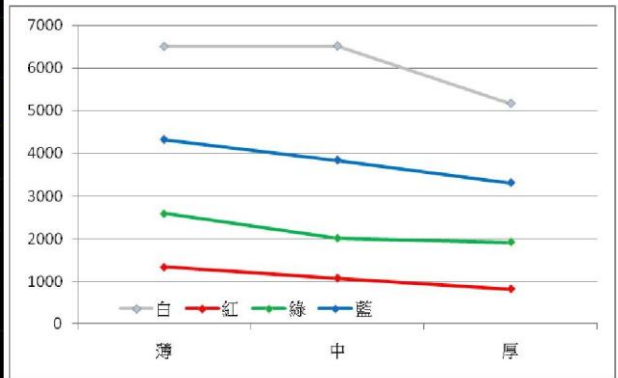
3.比較白、紅、綠、藍四色光，對三種厚度果凍蠟燭的透光值。

4.再與透明壓克力對照，算出透光比。

結果：

表：各色光對不同厚度果凍蠟燭的透光比較

果凍 色光	不同厚度透明果凍			
	實驗組			對照組
	薄	中	厚	無
白光	6510(95%)	6520(95%)	5170(75%)	6850
紅光	1338(100%)	1079(88%)	820(67%)	1220
綠光	2590(99%)	2010(77%)	1920(73%)	2620
藍光	4320(100%)	3840(91%)	3310(79%)	4200
厚度(cm)	1.8	2.6	4.1	0



照度單位：流明

圖：色光對果凍蠟燭厚度透光值

發現：

1.各光色對不同厚度果凍蠟燭的穿透發現

(1)厚度：越薄(厚)→透光率越高(低)

(2)色光：白光>藍光>綠光>紅光

(3)各厚度果凍蠟燭透光都比透明壓克力差

2.色光對不同厚度果凍蠟燭的透光比

(1)果凍由薄(1.8)到中(2.6)時，紅、綠光(12%、22%)降幅比藍、白色光(9%、0%)多

(2)果凍由中(2.6)到厚(4.1)時，

紅、白光(21%、20%)降幅比綠、藍色光(4%、12%)多

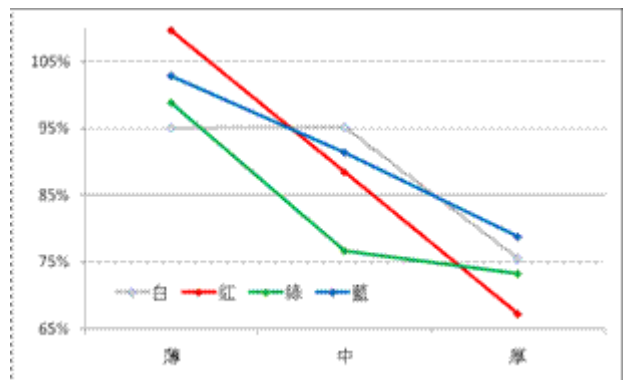
(3)對果凍厚度(薄→中→厚)的透光比，白光(慢→快)降幅和綠光(快→慢)相反

(4)白光的透光值雖然高，但透光的耗損也最高；紅光的透光值雖低，但透光耗損卻最少

(5)四色光的透光比和透光值的趨勢類似：藍光>白光>綠光>紅光

3.由透光率換算果凍厚度對光穿透的遞減率，再由遞減率可以決定適合的果凍厚度。

4.利用減少果凍蠟燭厚度來提高透光率，既可提高硬度又不會影響透光率。



圖：色光對果凍蠟燭厚度透光比

思考：

1.以 1:6 硬度比例的果凍，在 4cm 厚度的透光率(75%)，換成 2.5cm 厚度時，透光率至少可提高到 90%，以此做為後續果凍蠟燭實驗的標準厚度。

2.但為何紅、綠、藍三種色光，在分別調到最大值時，光照的強度卻不同?要是把果凍顏色也調出紅、綠、藍三色的話，是否就能看到色光與透明色塊間的關係呢?



### 實驗三：果凍顏色對不同色光穿透的影響

說明：1.對照組採透明壓克力板為介質。

2.實驗組採紅、綠、藍三種顏色的透明果凍蠟燭，並置於透明壓克力板上當介質。

3.比較果凍蠟燭的顏色對各種色光透光率的差別。

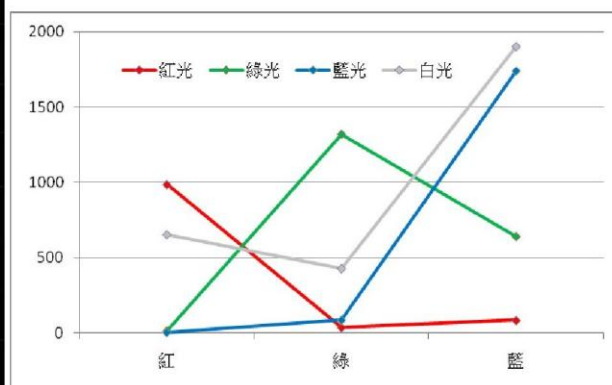
4.與透明壓克力比較透過率的程度。

結果：

表：各色光對不同顏色果凍蠟燭的透光比較

果凍 色光	不同顏色透明果凍			
	實驗組			對照組
	紅	綠	藍	無
白光	654(11%)	429(7%)	1900(31%)	6120
紅光	987(82%)	38(3%)	85(7%)	3560
綠光	13(0.37%)	1318(37%)	639(18%)	3670
藍光	2(0.05%)	85(2.3%)	1740(47%)	6120
厚度(cm)	3.6	3.6	3.3	0

照度單位：流明



圖：色光對果凍蠟燭顏色透光值

發現：

1.各光色都可穿透與其同色的果凍蠟燭，但不同色光間程度有差別

(1)透光程度：白光>藍光>綠光>紅光

(2)藍、綠光(2、13)不易穿透紅色果凍

(3)藍、紅光(38、85)不易穿透綠色果凍

(4)紅、綠光(85、639)不易穿透藍色果凍

2.由色光對同色果凍蠟燭的透光比，可看出色光與果凍顏色間的交互作用

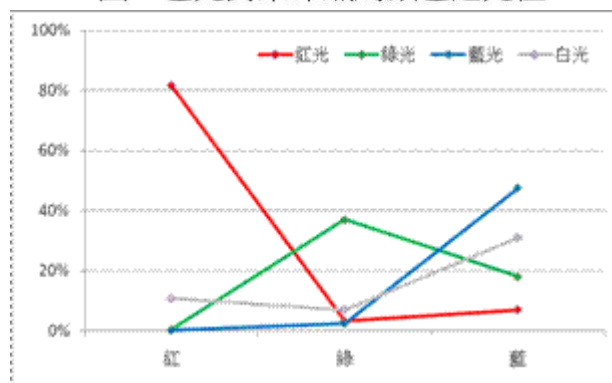
(1)三色光對同色果凍蠟燭透光比：紅光>藍光>綠光>白光

(2)白光對三色果凍蠟燭的透光比：藍色>紅色>綠色

(3)白光的透光值雖然高，但透光的耗損也最高；紅光的透光值雖低，但透光耗損卻最少

3.由相同強度的紅、綠、藍三色光，分別照射同一塊果凍蠟燭，其穿透的比率，正好反應此一果凍顏色中，紅、綠、藍三種顏色的成分和比例

4.藍色果凍對綠光的穿透比有 18%，加上綠色果凍是由黃、藍色母所調成，可看出即使是混成各種顏色的果凍，依舊能分析出三原色成分



圖：色光對果凍蠟燭顏色透光比

思考：

1.這種紅(Red)、綠(Green)、藍(Blue)三色光的成分比例，可換算成電腦調色中常用的 RGB 數值

2.這樣一來，我們似乎可以發展一種：利用測量 RGB 色光穿透率，來分析透明物體顏色的成分與比例的工具

### 實驗四：果凍顏色濃度對色光折射的影響

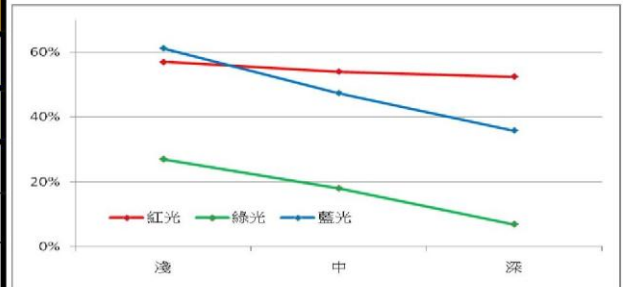
- 說明：1.將深、中、淺濃度的紅、綠、藍的透明果凍蠟燭，置於透明壓克力板上  
2.比較果凍蠟燭的顏色濃度對相同色光穿透率與折射的影響

結果：

表：果凍蠟燭顏色濃度的透光比較

表：果凍蠟燭顏色濃度的透光比較

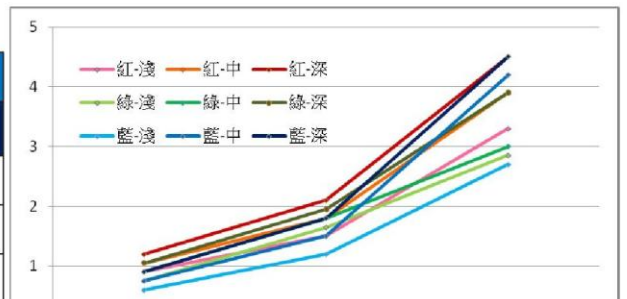
果凍 色光	不同顏色濃度果凍			
	實驗組			對照組
	淺	中	深	無
紅	690(57%)	654(54%)	635(52%)	1210
綠	960(27%)	639(18%)	245(7%)	3560
藍	2250(61%)	1740(47%)	1315(36%)	3670



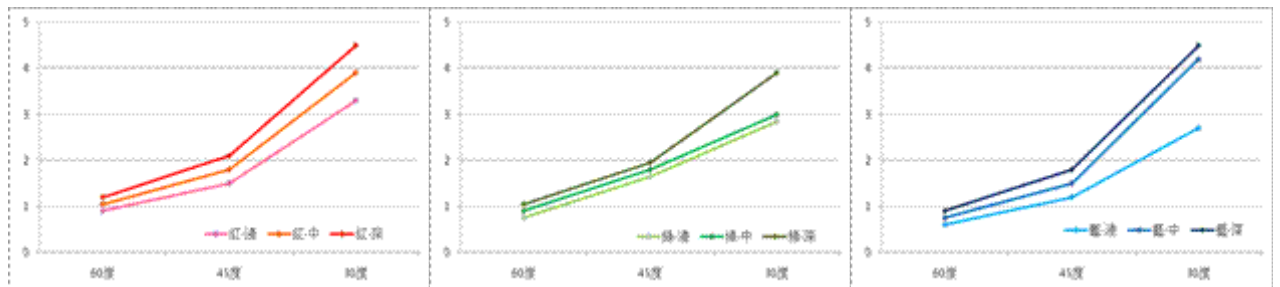
照度單位：流明

表：果凍蠟燭顏色濃度的透光比較

色光 果凍 角度	紅光			綠光			藍光		
	淺	中	深	淺	中	深	淺	中	深
60°	0.9	1.05	1.2	0.75	0.9	1.05	0.6	0.75	0.9
45°	1.5	1.8	2.1	1.65	1.8	1.95	1.2	1.5	1.8
30°	3.3	3.9	4.5	2.85	3	3.9	2.7	4.2	4.5



- 1.由三色光對同色不同濃度果凍的折射率，可看出顏色濃度也會影響光的折射
- 2.果凍的顏色越深(淺)光的折射就越大(小)
- 3.照射的角度越大(小)光的折射就越小(大)
- 4.不同色光對相同濃度果凍蠟燭的折射：藍光>紅光>綠光
- 5.色光照射果凍角度(60°→30°)對折射(紅→2.85、綠→2.1、藍→3.45)的影響，比果凍顏色濃度(紅→0.6、綠→0.3、藍→0.6)明顯
- 6.藍光對果凍照射角度高時(60°)，所產生的折射(0.9)比紅(1.2)、綠光(1.05)小，但角度變低時(30°)，所產生的折射(4.5)又比紅、綠光幅度大
- 7.色光與果凍蠟燭顏色不同時，色光會被吸收，不易看到折射結果



圖：色光(紅-左、綠-中、藍-右)對同色不同濃度果凍蠟燭折射比較

思考：利用顏色的濃度與同色光的照射角度，能改變光的折射，這種色塊(果凍)濃度與色光折射的交互作用，似乎可以發展一種：利用測量各色光的折射率，來分析透明物體顏色濃度的工具



## 實驗五：果凍厚度對色光折射的影響

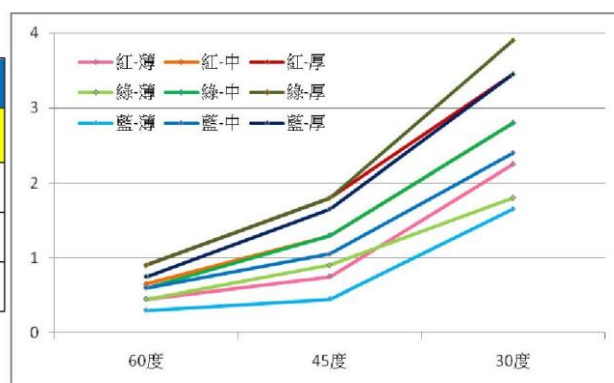
- 說明：1.將不同厚度的透明果凍蠟燭，置於透明壓克力板上  
2.比較果凍蠟燭的厚度對不同色光折射的影響

結果：

表：果凍蠟燭顏色濃度的透光比較

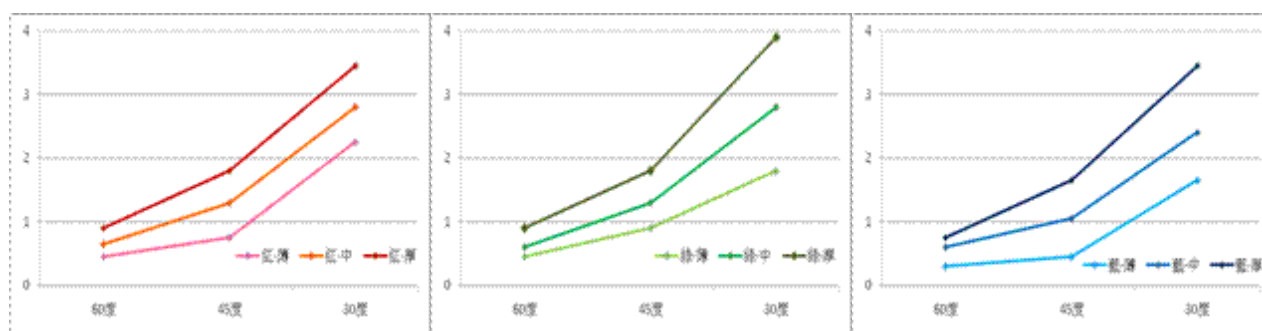
色光 果凍 角度	紅光			綠光			藍光		
	薄	中	厚	薄	中	厚	薄	中	厚
60°	0.45	0.65	0.9	0.45	0.6	0.9	0.3	0.6	0.75
45°	0.75	1.3	1.8	0.9	1.3	1.8	0.45	1.05	1.65
30°	2.25	2.8	3.45	1.8	2.8	3.9	1.65	2.4	3.45

折射單位：公分



發現：

- 1.由三色光對不同厚度果凍的折射率，可看出厚度對光折射的影響
- 2.果凍的**厚度越厚(薄)**光的折射就**越大(小)**
- 3.照射的**角度越大(小)**光的折射就**越小(大)**
- 4.不同**色光**對相同厚度果凍蠟燭的折射：**紅光>綠光>藍光**
- 5.色光照射果凍**角度(60°→30°)**對折射(紅→2.15、綠→2.2、藍→1.8)的影響，比果凍**厚度**(紅→1.05、綠→0.9、藍→1.2)明顯
- 6.色光對不同厚度果凍蠟燭所產生的折射，增加的幅度接近等比例，利用這種關係我們便能以厚度來預估折射率



圖：色光(紅-左、綠-中、藍-右)對不同厚度果凍蠟燭折射比較

思考：

- 1.利用果凍蠟燭高度使光線折射，再利用色光的照射角度調整折射幅度，似乎可以發展一種：利用**測量各色光的折射率**，來分析透明物體顏色濃度的工具
- 2.既然實驗四中果凍顏色的濃度會影響折射，那麼果凍蠟燭因 UV 粉比例不同，也會使**密度**與**透光度**改變，這是否也會讓色光產生不同程度的**折射**呢？

## 實驗六：果凍密度對色光折射的影響

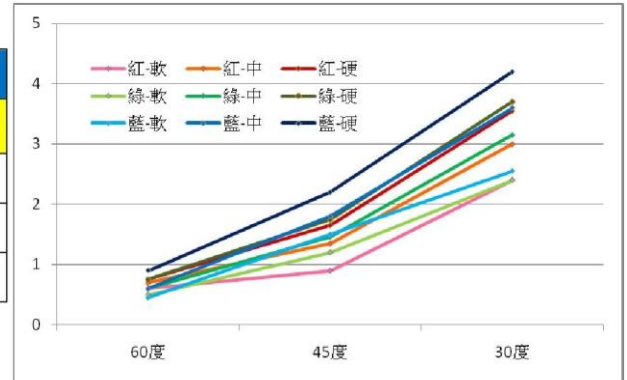
- 說明：1.實驗五發現，顏色濃度會對影響光的折射，為排除因濃度對密度折射的干擾，要採用相同濃度，但密度不同的果凍，因此改以食用果凍加到不同濃度的鹽水中
- 2.測試發現，透明果凍加入鹽水中，果凍無法凝固，甚至鹽度(密度)越高，透光越差，依舊有干擾而無法實驗。最後只以測量不同濃度的鹽水(每 500ml，分別加入 0、50、100g 的鹽)代替
- 3 將不同濃度的鹽水，置於透明壓克力盒中(10\*10\*10cm)。
- 4.比較鹽水的密度對不同色光折射的影響。

結果：

表：鹽水密度的透光比較

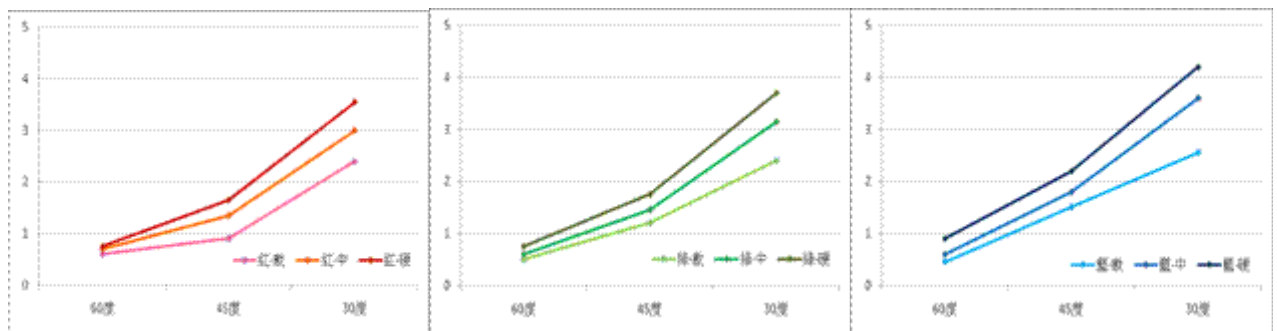
色光 角度	紅光			綠光			藍光		
	鹽水 0	50	100	0	50	100	0	50	100
60°	0.6	0.7	0.75	0.5	0.6	0.75	0.45	0.6	0.9
45°	0.9	1.35	1.65	1.2	1.46	1.75	1.5	1.8	2.2
30°	2.4	3	3.55	2.4	3.15	3.7	2.55	3.6	4.2

折射單位：公分



發現：

- 1.由三色光對不同密度鹽水的折射率，發現光會對不同密度的鹽水，產生程度不同的折射
- 2.鹽水的**密度越大(小)**光的折射就**越大(小)**
- 3.照射的**角度越大(小)**光的折射就**越小(大)**
- 4.不同**色光**對相同**密度**鹽水的折射：**藍光>綠光>紅光**
- 5.色光照射鹽水**角度(60°→30°)**對折射(紅→2.3、綠→2.55、藍→3)的影響，比鹽水**密度**(紅→0.75、綠→0.55、藍→0.7)明顯
- 6.色光對不同密度鹽水所產生的折射，因為透光度都相同，便可排除透光度的影響



圖：色光(紅-左、綠-中、藍-右)對不同密度鹽水折射比較

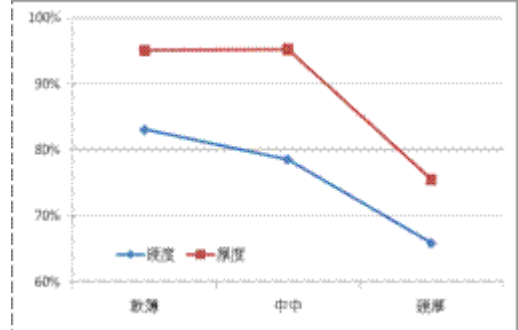
思考：紅、綠、藍、白光對各硬度、厚度、顏色、濃度、密度果凍的透光與折射程度都不同，也看出每個因素都會相互的影響，要是把這些都拿來比較的話，應該可以找出光線與它們的關聯

## 陸、討 論

### 討論一：歸納果凍蠟燭與光線之間的相互影響

#### 1.比較**硬度**與**厚度**對透光率的影響發現

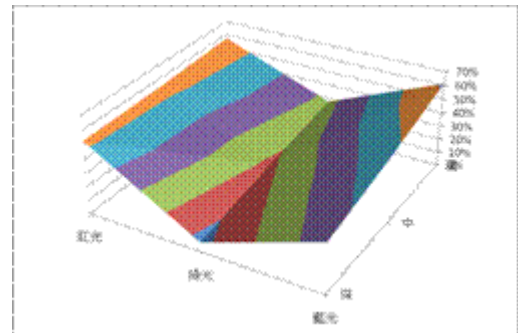
- (1)由軟到硬及薄到厚，對透光度的影響，剛開始降幅都很小，然後突然才變大
- (2)但厚度對透光度的影響，剛開始沒有硬度明顯，所以才能先決定硬度(1:6)後，再選擇最佳透光的厚度(1.8~2.6cm)，就可同時顧及**硬度**、**厚度**與**透光度**



圖：硬度與厚度對透光率的影響

#### 2.比較**顏色**與**濃度**，對**透光率**的影響發現

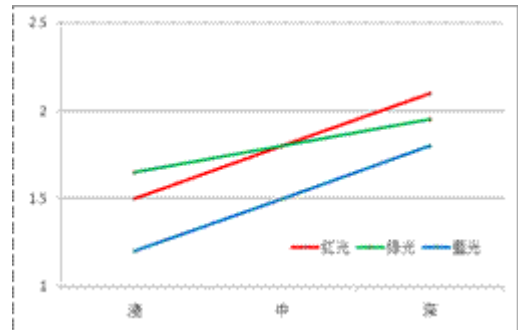
- (1)**綠光**對綠色果凍蠟燭，因濃度增加，導致透光降低最明顯，其次是**藍光**，穿透效果最好的是**紅光**
- (2)雖然**紅光**的**強度最低**(1210lux)，而藍光最高(3670lux)，但透光的**比例**，紅光(635lux→52%)卻比藍光(1315lux→36%)要好
- (3)色光對果凍顏色透光的影響，要比顏色濃度明顯



圖：顏色與濃度對透光率的影響

#### 3.比較**顏色**與**濃度**，對**折射率**的影響發現

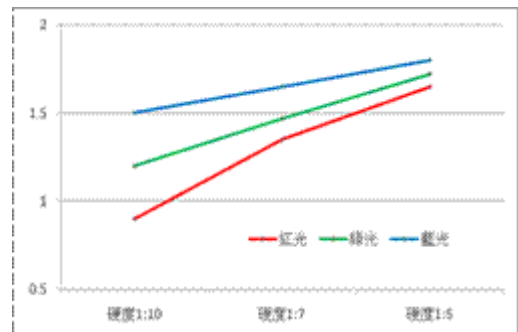
- (1)**紅光**對紅色果凍蠟燭，因濃度增加，折射現象最明顯，其次是綠光，折射效果最差的是**藍光**
- (2)折射率與透光度的關係好像相反，**透光度越低**(紅光→紅果凍)，它的**折射率最高**；而**透光度高**(藍光→藍果凍)，**折射率反而低**
- (3)色光因為顏色濃度所產生的折射情形，要比色光本身的折射情形要明顯



圖：顏色與濃度對折射率的影響

#### 4.比較**密度**，對**色光折射率**的影響發現

- (1)**紅光**對密度高的鹽水，折射現象最明顯，其次是綠光，折射效果最差的是**藍光**
- (2)鹽水因為密度的增加對折射率的影響，要比色光本身要明顯



圖：顏色與濃度對折射率的影響

## 討論二：整理問題的發現與解決的過程

目的：製作像透鏡般，能進行各種光線實驗的果凍蠟燭

嘗試：為提高硬度，以 1:6 的 UV 粉與白蠟比例，為標準硬度

問題：但透光度只達透明壓克力板約 75%~90% 高透光效果

思考：減少厚度試試看

**解決：果然在 2.5cm 時透光率全提高到 90%，以此做為標準厚度**

疑惑：紅、綠、藍色光，對同一塊透明果凍，透光度為何不同

嘗試：把果凍也染成紅、綠、藍顏色，分別對三色光試試

**解決：紅、綠、藍色光，分別對紅、綠、藍顏色果凍，透光率不同  
色光對同色系果凍蠟燭的透光率最高，互補色最低**

靈感：紅、綠、藍三色光對果凍的透光比例，可對應到電腦的 RGB 數值

**發明 1：利用測量 RGB 色光穿透率，分析透明物體顏色的成分與比例的工具**

**發明 2：利用 LED 全彩燈合成 RGB 三色光，比對透明色塊中 RGB 的比例**

問題：果凍蠟燭顏色的濃度，對光的折射有何影響

嘗試：把果凍蠟燭，分別染成不同濃度的紅、綠、藍三色

利用紅、綠、藍雷射筆與光磚，轉成三色雷射光柵

**解決：顏色濃度會影響同色系光柵的折射率**

問題：果凍蠟燭的密度，對光的折射有何影響

困難：果凍蠟燭的密度，會影響透光度，干擾光對密度的折射

嘗試：把果凍蠟燭，換成食用果凍加鹽水

失敗：鹽水無法讓食用果凍凝固，而且會影響透光度，干擾光對密度的折射

調整：改以不同濃度的鹽水代替

**解決：密度會影響光柵的折射率**

靈感：利用測量折射率的機台改裝成實用的發明

**發明 3：利用三色光柵，測量透明物折射率的儀器**

**發明 4：利用改變雷射光柵形狀，測量距離的儀器**

**發明 5：利用改變雷射光柵形狀，校準定位的儀器**



### 討論三：利用實驗發現改裝檢測工具設計出實用的工具

#### (一)RGB 三彩分析器---分析各色所佔比例

原理：物體對紅、綠、藍三種色光，因吸收與反射的成分、比例不同，造成我們所看到的物體顏色，是因為反射不同比例的三色光聚集而成

方法：利用光照計，分別測量 RGB 三色光，對透明色塊的透光比率

驗證：

- 1.把 RGB 色光，對紅、綠、藍透明果凍的透光度和對照組(無果凍)相除，算出透光比
- 2.再將透光比乘上 256 便成為電腦調色盤中常用的 RGB 數值



色光 \ 果凍	紅	綠	藍
紅光 R	81.56% → 209	2.27% → 7	5.65% → 17
綠光 G	0.32% → 1	42.35% → 108	22.33% → 57
藍光 B	0.47% → 1	4.86% → 12	69.18% → 177

- 3.利用網路免費軟體 MyChat 調色盤，輸入 RGB 數值
- 4.比對電腦 RGB 數值模擬與實際果凍的顏色



	紅色調色盤	綠色調色盤	藍色調色盤
R:209		R:7	R:17
G:1		G:108	G:57
B:1		B:12	B:177
紅色果凍		綠色果凍	藍色果凍

特色：

- 1.可分析所有透明色塊中紅、綠、藍三色的成分、比例
- 2.可將任何物體的顏色，以數值的方式呈現
- 3.利用光照計，可將原有的 LED 全彩燈的色階，由  $20*20*20=8000$  色的解析度，提高到  $256*256*256=16777216$  色階的全彩色
- 4.製作材料取得容易，製作簡單且精確度、穩定度高
- 5.從未有過類似原理的應用，設計的原創性高



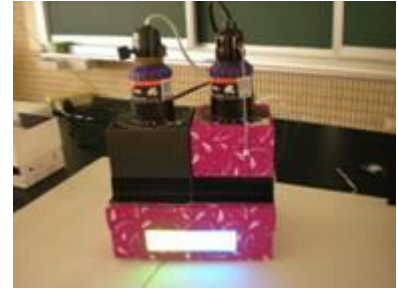


(二)三彩比色計----分析各色所佔比例，透過原工具儀器可解析出 8000 色

原理：利用 LED 全彩燈合成 RGB 三色光，與透明色塊比對顏色，以測量色塊中 RGB 的比例

方法：

- 1.將透明色塊以白光照射、穿透後，反射到螢幕上
- 2.再用 LED 全彩燈，合成出 RGB 三色光，反射並重疊到相同螢幕上
- 3.調整 LED 全彩燈色階(20\*20\*20=8000)，並比對螢幕上兩種反射光的色階直到一致
- 4.所調的 LED 全彩燈的 RGB 色階便是透明色塊的顏色



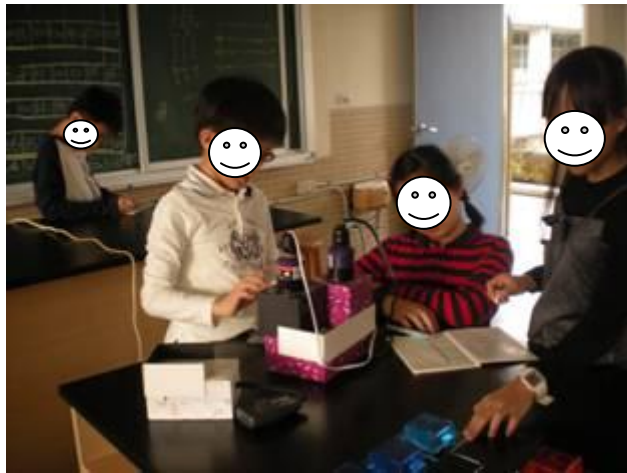
驗證：

- 1.利用 LED 全彩燈比對出紅、綠、藍透明果凍的 RGB 色階

色光 \ 果凍	紅	綠	藍
紅光 R	16	4	0
綠光 G	1	20	4
藍光 B	0	0	20

單位：色光強度檔位

- 2.透過比色方式雖然只能解析 8000 色階，但後來又發現只要稍加改裝，把原本反射透明色塊的鏡子，換成有色不透明物，便能測出不透明物體的顏色成分、比例



光罩盒



透明與不透明比色法



比色螢幕

特色：

- 1.可立即目視測量透明與不透明物體，紅、綠、藍三色的成分、比例
- 2.可解析出物體 20\*20\*20=8000 色階的顏色
- 3.能同時測量紅、綠、藍三色成分，不用單色分次測量
- 4.將市面常見的 LED 全彩燈進行小改裝，讓原本的照明燈具，又增加了辨色的功能
- 5.將日用品做另類的應用，設計的原創性高

### (三) 折射率測量器---測量透明體的折射比率

原理：利用**雷射光**，在**光磚**內部不斷產生折、反射，使原本的單一光束轉換成**光柵**，來測量光的**折射率**

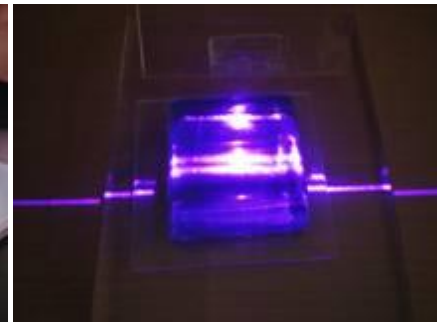
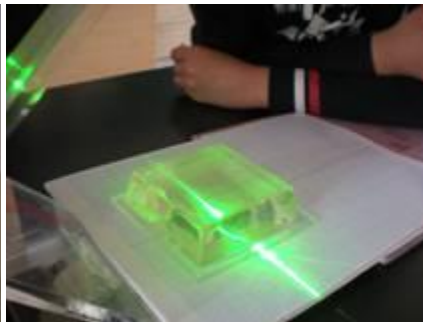
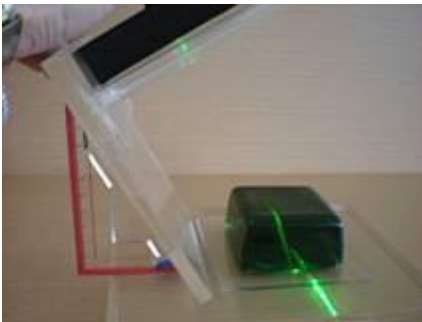
方法：

- 1.將透明色塊放在折射測量機台上
- 2.利用光磚使雷射光形成光柵
- 3.分別以紅、綠、藍的雷射光柵，照在透明色塊上

驗證：如實驗四~六操作結果



折射率測量



特色：

- 1.將市售雷射筆進行小改裝，便能進行光折射實驗
- 2.可調空雷射光顏色、照射角度與雷射光柵形狀

### (四) 雷射光柵校準定位器---測量物體的**位置**與**傾斜**情形

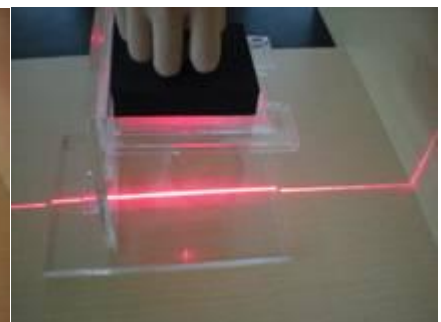
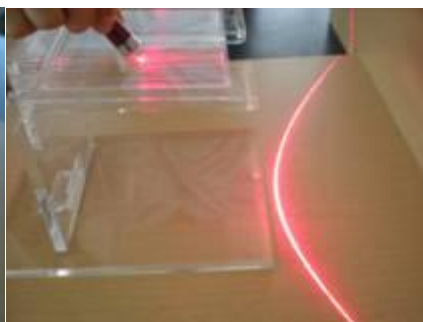
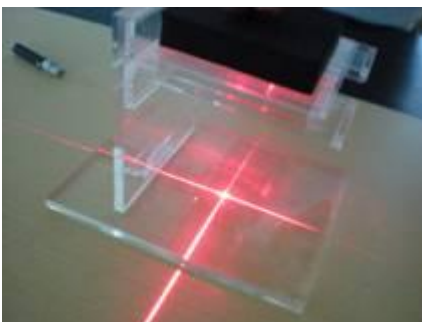
原理：利用**雷射光柵**的**變形程度**，來測量物體的**傾斜度**

方法：

- 1.將透明色塊放在折射測量機台上
- 2.將雷射筆垂直照射光磚，使光柵成一直線
- 3.依照射物位置調整光磚，使光柵垂直或水平
- 4.根據**直線光柵**照射物體的**彎曲程度**，來推算**傾斜度**，或**十字線光柵**與照射物定點的**距離**，來計算**偏離程度**



折射率測量



(五)雷射光柵測距儀---改裝折射率測量器，使一般雷射筆具有測距的攻能

原理：利用光投影時距離和影像會等比例放大的關係，由影像大小來推算距離

方法：

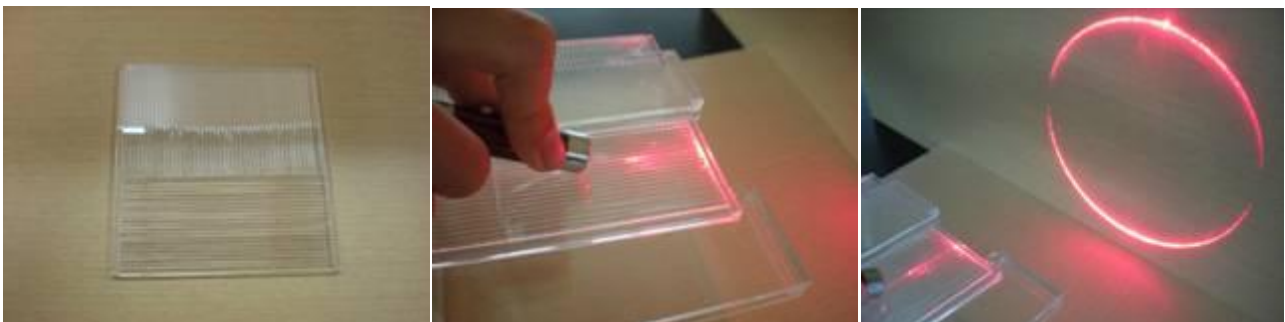
- 1.利用光磚使雷射光形成光柵
- 2.調整與光磚的夾角，使光柵成圓形
- 3.固定雷射筆與光磚角度，並測出光柵直徑與投影距離的關係
- 4.利用以上關係進行測距

驗證：

- 1.測量雷射筆與光磚夾角、光柵直徑、投影距離的關係
- 2.將夾角分別固定在 $5^\circ$ 、 $10^\circ$ ，記錄光柵直徑、投影距離
- 3.根據光柵直徑、投影距離兩者關係，推估不同直徑的投影距離

特色：

- 1.根據光柵直徑便能知道距離
- 2.可改變雷射筆與光磚夾角，方便測遠、近及調整靈敏度
- 3.將市售雷射筆進行小改裝，讓原本的標示工具，又增加了測距的功能
- 4.任何有稜角的透明物都可做為光磚的應用，簡單且方便
- 5.將日用品做另類的應用，設計的原創性高



## 柒、結 論

一、利用透明果凍蠟燭代替玻璃，方便製作各種果凍透鏡，才能進行光的穿透與折射實驗，還看到意外的驚喜與發現。透過實驗證明：紅、綠、藍、白光對各硬度、厚度、顏色、濃度、密度果凍的透光與折射程度，都有一定的規律

### 二、研究發現整理

#### (一)果凍蠟燭特性

- 1.改變果凍蠟燭成分中，白蠟油和 UV 粉的比例，就能改變密度、硬度透光度
- 2.UV 粉比例越多，果凍蠟燭的硬度就越高，但透光率卻降低
- 3.調整白蠟油、UV 粉比例(6：1)和厚度(2.5cm)，便能製作出硬度高且透光好的果凍蠟燭
- 4.利用控制紅、黃、藍色母的比例，便可調配出紅、綠、藍顏色的果凍蠟燭

#### (二)果凍蠟燭對光照實驗的反應

- 1.白光對果凍因硬度與厚度增加，導致透光率下降的現象，要比紅、綠、藍等色光明顯
- 2.果凍蠟燭厚度以相等的比例增加，透光率卻以更大的比例遞減
- 3.由紅、綠、藍色光，對紅、綠、藍色果凍的透光，可看出顏色間의 交互作用
  - (1)色光對透明果凍蠟燭的透光強度：白>藍>綠>紅、透光比率：藍>白>綠>紅
  - (2)色光對同色系果凍蠟燭的透光強度：白>藍>綠>紅、透光比率：紅>藍>綠>白
  - (3)由紅、綠、藍三色光，對同一果凍蠟燭的透光透光比率，可反應果凍顏色的成分比例

#### (三)果凍蠟燭對紅、綠、藍，三色光柵的折射實驗反應

- 1.照射果凍的角度越小、折射越明顯
- 2.照射果凍的厚度越厚、折射越明顯
- 3.照射果凍的密度越大、折射越明顯
- 4.三色光柵，對透明果凍的折射率：紅>綠>藍
- 5.三色光柵，對同色系不同顏色濃度果凍的折射：顏色越深、折射越明顯

### 三、研究的重要性

- (一)利用果凍蠟燭取代玻璃透鏡，以簡單的材料，突破器材、技術限制，進行光的實驗
- (二)利用家用燈具及手邊工具，自製簡單又準確的測量儀器
- (三)利用三色光，對各色果凍的透光度的發現，發明了全彩色光分析儀與全彩比色器
- (四)利用三色光柵，對各種果凍折射率的發現，發明了光折射率測量器、雷射測距與校準台
- (五)結合並延伸課堂所學，設計並進行能力所及的實驗

### 四、未來發展

- (一)光折射式色彩濃度計----當三色光柵照射有顏色的物體，從測到的折射與反射率，來推算出顏色的成分和深淺濃度
- (二)光折射式比重計----當三色光柵照射透明物體，從測到的折射率，來推算透明物的密度

## 五、心得與感想

透過這次科展實驗，我們對有關光的基本概念有更深入的认识，也發現一個小小的果凍蠟燭竟然也能「玩」出許多有趣的實驗，甚至還迸出一些檢測工具的設計發明，讓我們都過足了當小小愛迪生的一番成就感！

透過這些實驗，讓我們知道了許多有關光的基本概念，如：光的成份和行進方向與果凍的透光度，很幸運的能從這些實驗的發現，發明出許多利用生活用品，所製作與實驗有關的實用儀器。

## 參考資料

如何製作果凍蠟燭？。奇摩知識。

網址：<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1608031403890>

Chiu-king Ng。用 Java 學物理。網址：<http://ngsir.netfirms.com/index.htm>



## 【評語】 080812

果凍蠟燭作光透鏡是創新構想透過對果凍蠟燭介質的了解可再延伸出許多有趣的題目，此作品最有特色之處是色階與折射率量測方式透過隨手可得的材料製成，因此可作課堂教材，是非常有創意的科展作品。