

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 物理科

030113

光芒四射 - 探討光遇到塑膠膜其光學性質關係

學校名稱：桃園市立平興國民中學

作者： 國二 黃柏予 國二 李怡蓁 國二 胡惠晴	指導老師： 鍾沅蓁 林慧欣
---	-----------------------------

關鍵詞：塑膠膜、反射率、穿透率

摘要

在市面上，我們時常見到像透明塑膠袋、透明背包和透明鉛筆袋等，使用塑膠等穿透率高的材料所製作而成的商品，而每一種顏色和其厚度對穿透率及反射率的影響也很高，因此在這次的實驗中，我們定義新的照度單位 **Arduino**，並且將探討顏色、厚度與穿透率、反射率的關係，利用不同顏色的塑膠袋製作出不同厚度的塑膠膜，並黏在挖空的厚紙板上，找出常見塑膠袋顏色、厚度其穿透率、反射率的高低，並且藉由其反射率的規律關係，藉由量化的結果，協助色盲或無法辨色人士辨識顏色。

壹、研究動機

某天在看網路文章時，看到了一篇神奇的文章，內容大致是在描述北極熊的皮膚其實是黑色的，並且毛其實是透明色，而不是大家所想的白色。看完文章後，我想，這應該跟光反射有關吧！講到光反射，我突然間想到學校最近好像才剛教完「光的反射」這個小章節，於是我現學現賣，把光反射後亮度不變的性質運用在我的科展上來做，希望可以只透過光的亮度就能知道物體真正的顏色，所以我就運用光反射後亮度不變的性質以及七上的線型函數概念 $y=ax+b$ 來進行單位換算，並且製造「顏色識別器」，我也想，這個實驗做出來對世界各地的身障人士應該或多或少都會有幫助，於是激起了我的熱情，從而讓我開始著手科展。

貳、研究目的

- 一、 測量不同距離時的光度，藉以定義新光度單位(Arduino 單位)。
- 二、 探討不同距離的雷射光和其光度的關係。
- 三、 探討白色黏土加塑膠膜與反射光強度的關係。
- 四、 探討塑膠膜與反射光強度的關係。
- 五、 探討不同顏色黏土與反射光的關係。
- 六、 探討不同顏色的塑膠膜與穿透率的關係。

參、研究設備及器材

一、一般性實驗器材

- (一)、Arduino 套組(圖 3-1)
- (二)、LED 燈(圖 3-1)
- (三)、光敏電阻(圖 3-1)
- (四)、1K 電阻(圖 3-1)
- (五)、紅光雷射筆(圖 3-2)
- (六)、自製光學實驗固定架子(圖 3-3)
- (七)、TES-1339R/1339P 照度計(圖 3-9)

二、其他實驗器材

- (一)、不同顏色黏土(圖 3-4)
- (二)、不同色塑膠膜(圖 3-5)
- (三)、分光光度計 C-F4219(圖 3-6)
- (四)、黏土加塑膠膜(圖 3-7)
- (五)、分光光度計的卡樺卡上的塑膠膜(圖 3-8)



圖 3-1



圖 3-2

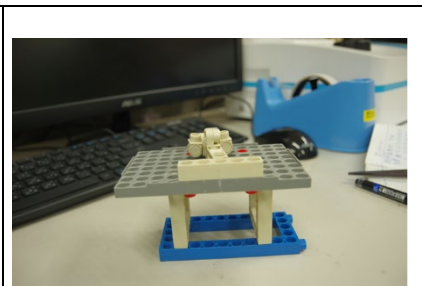


圖 3-3



圖 3-4



圖 3-5



圖 3-6



圖 3-7

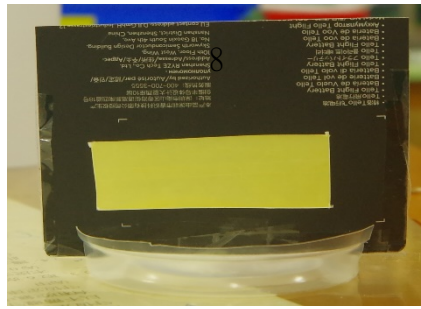


圖 3-8



圖 3-9

肆、研究過程與方法

一、研究流程圖、裝置圖

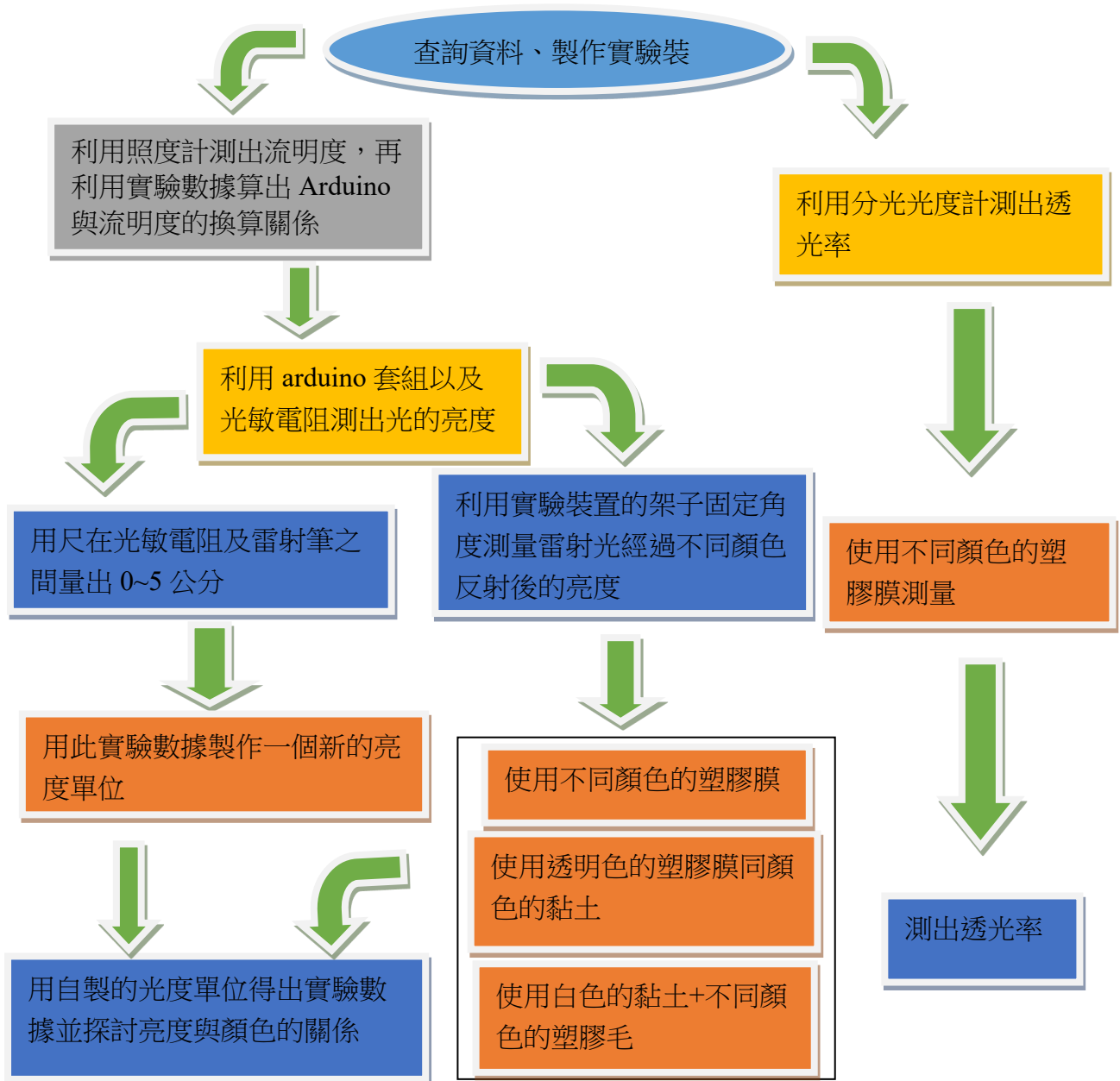


圖 4.1 實驗流程圖

二、歷屆科展比較

年份- 區域	第 45 屆—民國 97 年 全國中小學科展作品	第 47 屆—民國 99 年 全國中小學科展作品	第 54 屆—民國 106 年 全國中小學科展作品
作品名稱	光對空氣的折射率測定	折射玄機	白色雪衣下的秘密—光的反射、折射與漫射
科別	物理科	物理科	物理科
實驗主題	藉由改變氣壓、加熱鐵板使鐵板上產生溫度梯度，了解光傳遞的機制。利用燈炮加熱空氣產生球面的溫度梯度，了解福爾摩沙三號衛星利用 GPS 訊號來偵測氣象訊息的物理訊息。	研究水溶液的濃度、密度、溫度對於光產生折射的影響。並設計研究裝置，並應用此實驗裝置與所得的關係，製作一個可以利用光的折射現象來測量物質濃度、密度、溫度之工具。	利用光的特性觀察各種透明材質在白光下對黑色物體的遮蔽效果。探討透明毛色的北極熊在白光、不同色光下會呈現什麼顏色。
差異	歷屆作品並無像我們這組的作品一樣去探討物體顏色與光的關係，也沒有和我們相同去定義一個供 Arduino 使用的有關光的單位。		

三、文獻探討

(一) 1.紅光雷射筆，僅是一個由電池做能源的二極體。

2.此雷射筆是波長為 671 (DPSS)紅光雷射筆。

3. 半導體泵浦固體雷射器 (英文全稱：Diode Pump Solid State Laser)

(二)、實驗原理

穿透率公式

$$T = P_0/P*100\%$$

其中 T 為穿透率

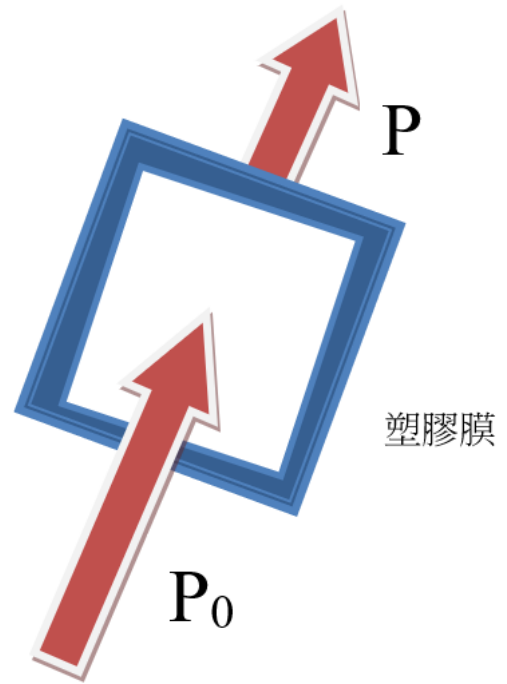
P_0 為入射光的強度

P 為透出光的強度

$T_1 - T$ = 穿透率

T = 原始無塑膠膜時的穿透率(基準值)

T_1 = 實驗後之樣本的穿透率



(三)、Arduino 實驗測量程式碼

Arduino 程式碼:

```
int i = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
  digitalWrite(13, LOW);
}

int pr_min = 400;

void loop(){
  int pr = analogRead(A0);
  Serial.println(pr);
  digitalWrite(13, pr > pr_min ? LOW : HIGH);
  delay(1000);}

```

四、實驗方法和步驟

(一)、照度計實驗裝置說明：

1. 實驗裝置圖

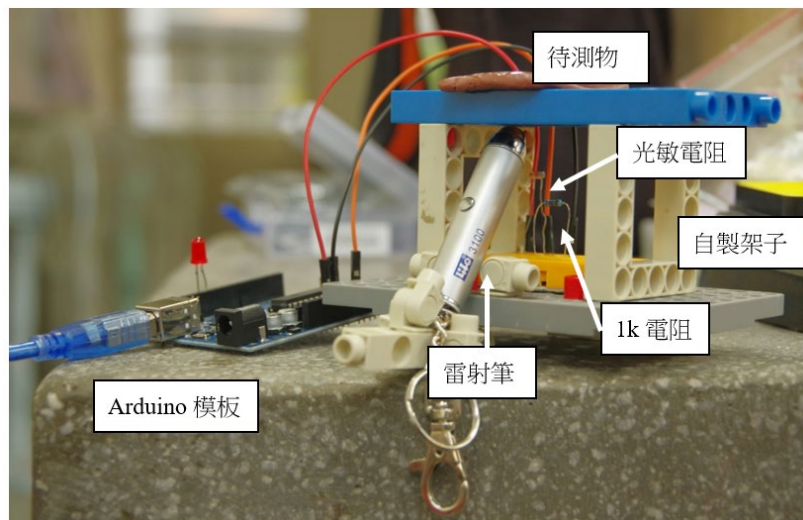


2. 實驗步驟

- (1). 將照度計取出並放在實驗架子內。
- (2). 將雷射筆用尺測量與照度計的距離並放入架子內。
- (3). 將雷射筆的光以 90 度直射入照度計。
- (4). 測量並紀錄實驗數據。
- (5). 將數據結合實驗一的數據算出 Arduino 單位與流明度的換算。

(一)、反射實驗裝置說明：

1. 實驗裝置圖

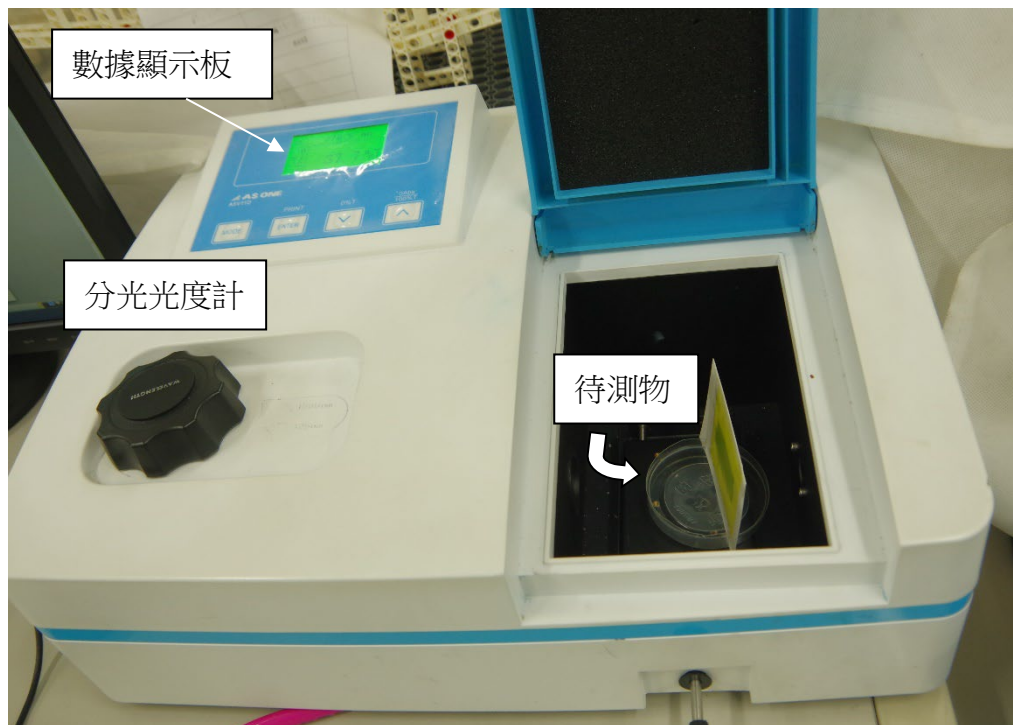


2.實驗步驟

- (1).在不改變雷射光入射角的情況下，測量不同顏色黏土反射的光度
- (2).將 Arduino 模板連接到光敏電阻和 1K 電阻。
- (3).啟動電腦打入程式碼傳至模板。(4).將雷射筆和光敏電阻放入架子內。
- (5).使黏土加塑膠膜(或塑膠膜)平舖在架子上方。
- (6).開啟雷射筆的開關，使光線反射至光敏電阻。
- (7).測量並記錄實驗數據。

(二)、穿透實驗裝置說明：

1.實驗裝置圖



2.實驗步驟

- (1).在不改變波長的情況下，改變透明塑膠膜片的顏色，並改變其厚度，觀察分光光度計顯示的穿透率變化。
- (2).將要測其透光率的有色透明塑膠膜片放入固定架卡好。
- (3).將分光光度計開關開啟，預熱 30 分鐘。
- (4).使分光光度計的模式改為 T(穿透率)，並將基礎值設為 100.0%。
- (5).將卡好透明塑膠片的固定架放入分光光度計中，並對準分光光度計的光源。
- (6).蓋上分光光度計的蓋子後，觀察顯示面板的數據。

(7).比較顏色與厚度對穿透率的影響。

伍、研究結果

一、探討不同距離的雷射光和其光度的關係，藉以定義新光度單位。

這個實驗所採用的數據為 30° 角之實驗數據。表 5.1 為直線不同距離與光的強度的關係表，由表 5.1 我們可以發現，當距離為 0cm 時，實驗平均數據為 853；當距離為 3cm 時，實驗平均數據為 823；當距離為 5cm 時，實驗平均數據為 808，由上述結果可知當光線離光敏電阻越遠時，光的強度越小。

表 5.1:直線不同距離與光的強度的關係表

次數 距離(cm)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	標準差
0	852	853	854	852	852	853	0.89
1	841	842	835	842	839	840	2.95
2	836	830	831	833	832	832	2.30
3	819	820	824	822	828	823	3.58
4	805	813	813	817	819	813	5.37
5	811	808	802	808	811	808	3.67

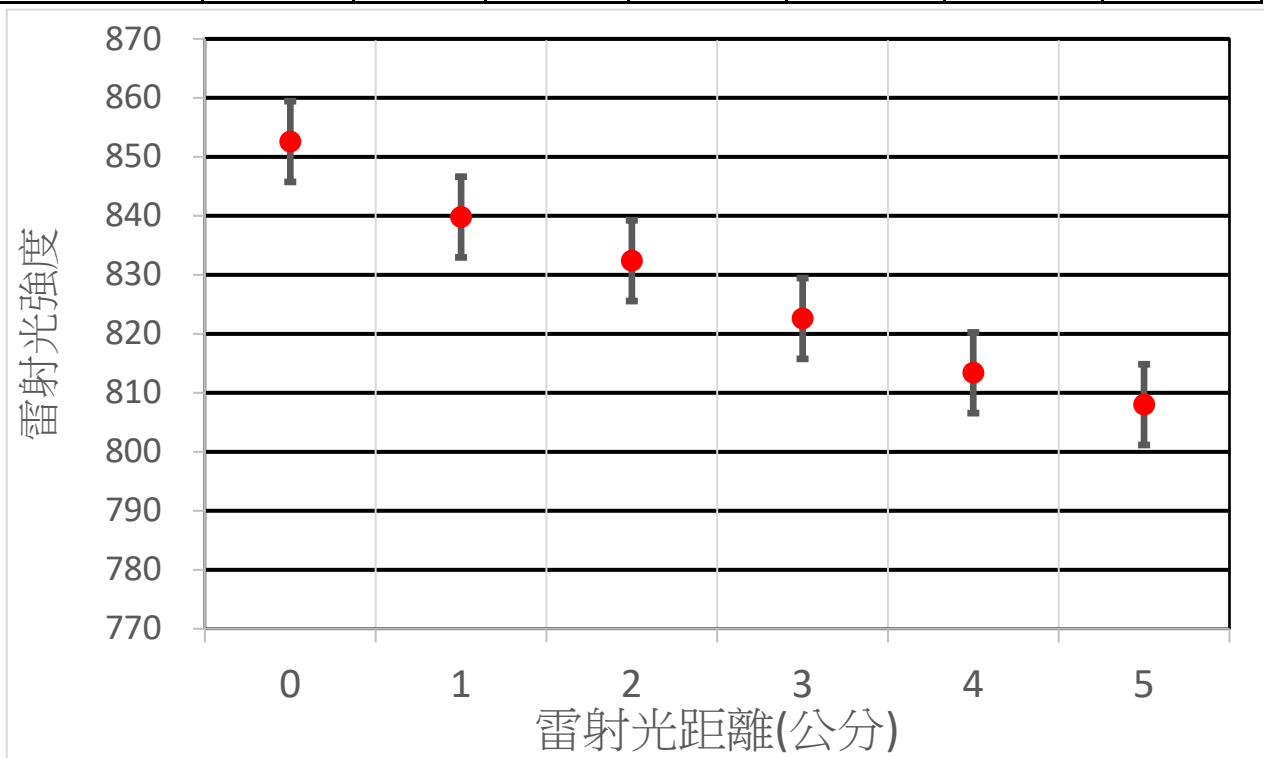


圖 5.1.1:Arduino 光度比對關係圖

經由圖 5.1.1 的 Arduino 光度比對關係圖，我們可以發現，每次測量出來的數據都在 828 附近，標準差約為 16.94。

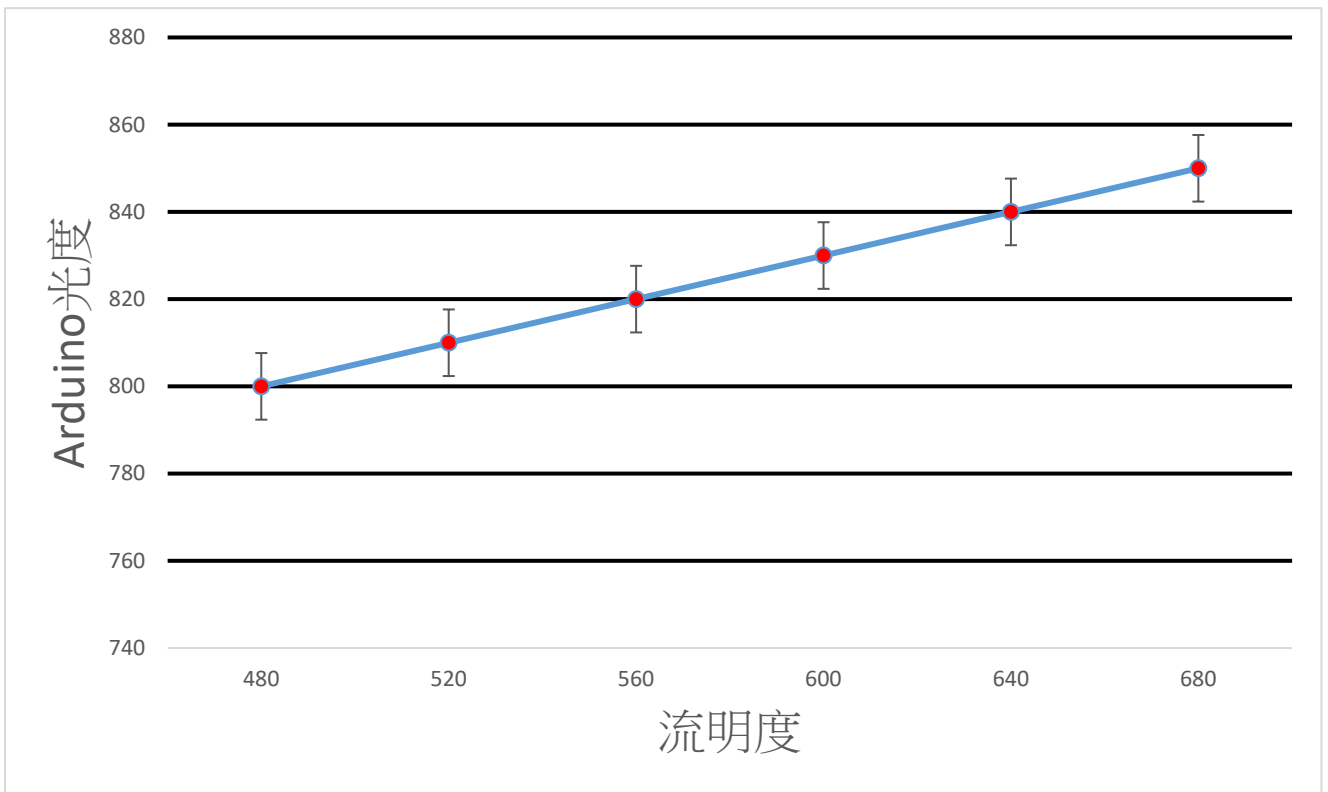


圖 5.1.2:Arduino 光度與流明度(lux)光度關係圖

圖 5.1.2 為將雷射光直線以距離 1、2、3、4、5cm 射入照度計所測量出的數據與 Arduino 單位數據的關係圖。

二、探討白色黏土加塑膠膜與反射光強度的關係

這個實驗所採用的數據為 30° 角之實驗數據。表 5.2 為白色黏土加不同顏色塑膠膜光的反射強度的關係表，經由表 5.2，我們可以發現當塑膠膜為淺綠色時，實驗數據為 361、362、364、364、365；而當塑膠膜為深綠色時，實驗數據為 346、347、348、347、347，由上述結果，我們可以得知，越深的顏色經過光「全部」反射後，測得的數據會越低。

表 5.2:白色黏土加不同顏色塑膠膜與光的反射強度的關係表

次數 塑膠膜顏色	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	標準差
雷射筆原亮度(A)	831	831	828	825	833	830	3.13
粉紅 (B)	348	353	369	379	367	363	12.58
黃色 (C)	412	411	413	413	410	412	1.30
深藍 (D)	308	312	313	311	315	312	2.59
紫色 (E)	388	389	388	388	388	388	0.40
淺綠 (F)	361	362	364	364	365	363	1.64
深綠(G)	346	347	348	347	347	347	0.71

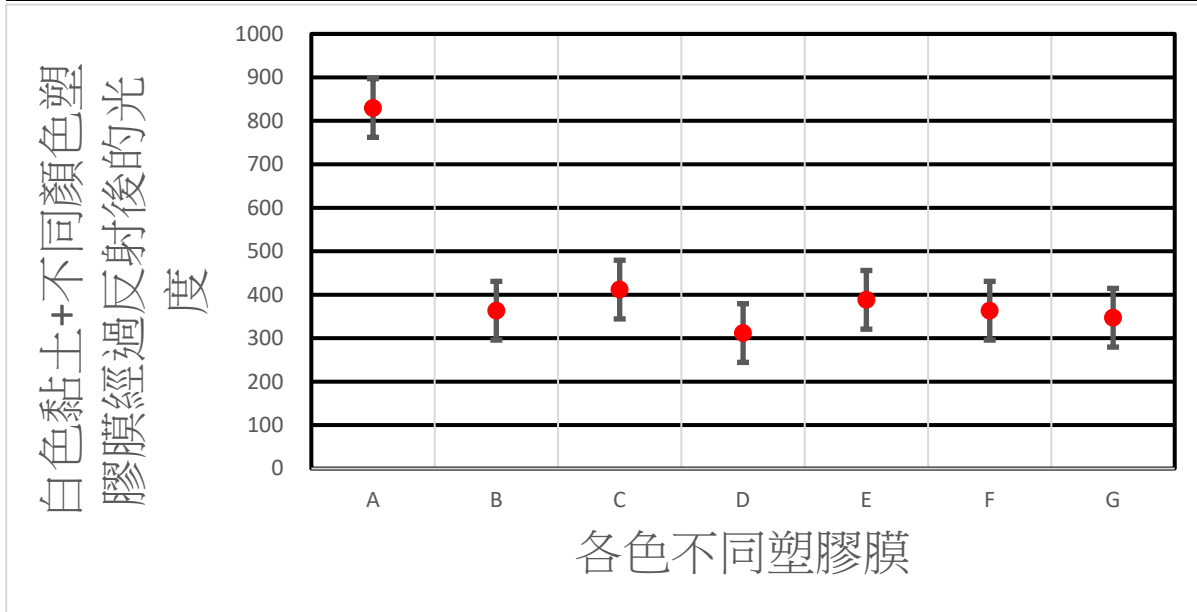


圖 5.2:白色黏土+不同顏色塑膠膜經過反射後的光度

經由圖 5.2 的白色黏土+不同顏色塑膠膜經過反射後的光度關係圖，我們可以發現每次測量出來的數據都在 365 附近，標準差約為 32.80。

三、探討塑膠膜與反射光強度的關係。

這個實驗所採用的數據為 30° 角在暗室之實驗數據。表 5.3 為塑膠膜與反射光強度的關係表，由表 5.3 我們可以發現當塑膠膜為淺綠色時，實驗數據為 174、174、175、175、175；當塑膠膜顏色為深綠色時，實驗數據為 104、104、104、103、102，由上述結果，我

們可以得知，當塑膠膜顏色越深時，測得的數據越低，當塑膠膜顏色越淺時測得的數據越高。

表 5.3 探討塑膠膜與反射光強度的關係表

反射率 (Arduino) 不同色塑膠膜	次數					平均值	標準差
	1	2	3	4	5		
淺綠(A)	174	174	175	175	175	175	0.55
深綠(B)	104	104	104	103	102	103	0.89
淺粉紅(C)	157	157	158	157	157	157	0.45
深粉紅(D)	137	138	138	138	139	138	0.71
黃(E)	140	139	139	138	136	138	1.52
紫(F)	117	118	118	119	119	118	0.84
深藍(G)	132	133	132	131	132	132	0.71

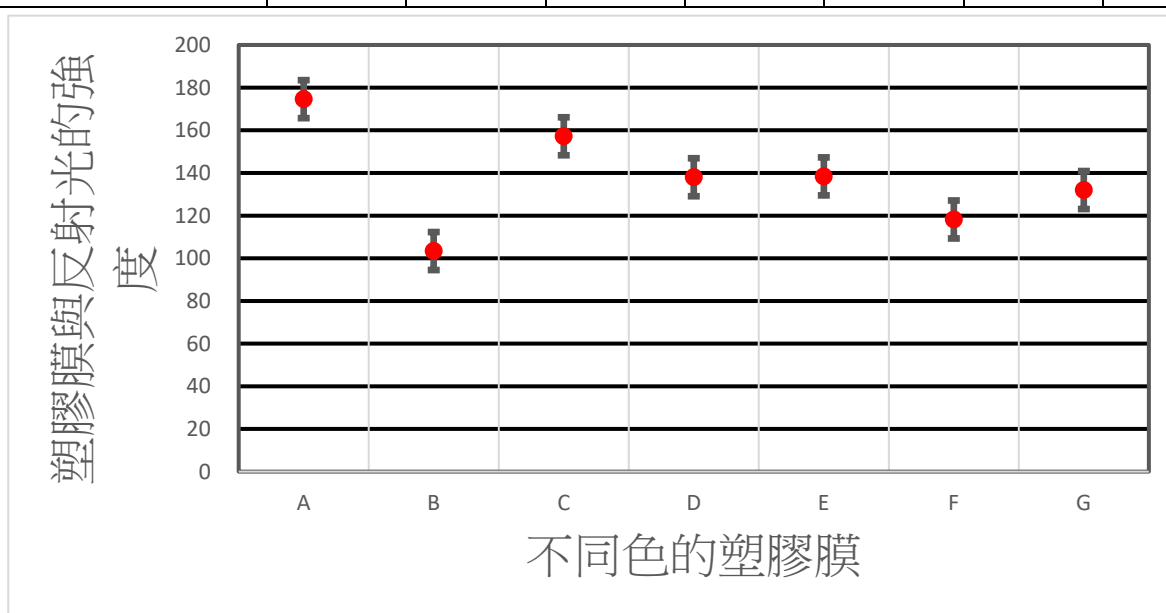


圖 5.3 塑膠膜經反射後的光度

經由圖 5.3 塑膠膜經反射後的光度關係圖，我們可以發現每個帶有「深」或「淺」的顏色塑膠膜時，「深」的反射光度，永遠比「淺」的小

四、探討不同顏色黏土與反射光的關係。

這個實驗所採用的數據為 30° 角之實驗數據。表 5.4 為不同顏色黏土與反射光的關係

表，由表 5.4 我們可以發現當黏土為淺藍色時，實驗數據為 343、344、344、345、344；當黏土顏色為咖啡色時，實驗數據為 233、229、252、253、254，由上述結果，我們可以得知，當黏土顏色越深時，測得的數據越低，當黏土顏色越淺時測得的數據越高。

表 5.4 探討不同顏色黏土與反射光的關係表

反射率 (Arduino) 次數 不同色黏土	1	2	3	4	5	平均值	標準差
雷射筆原亮度(A)	861	841	849	845	841	847	8.29
黃色(B)	364	385	376	388	353	373	14.65
紅色(C)	338	329	345	372	364	350	17.95
橘色(D)	402	390	390	387	385	391	6.61
灰色(E)	245	247	249	225	237	241	9.84
咖啡色(F)	233	229	252	253	254	244	12.15
淺藍色(G)	343	344	344	345	344	344	0.71

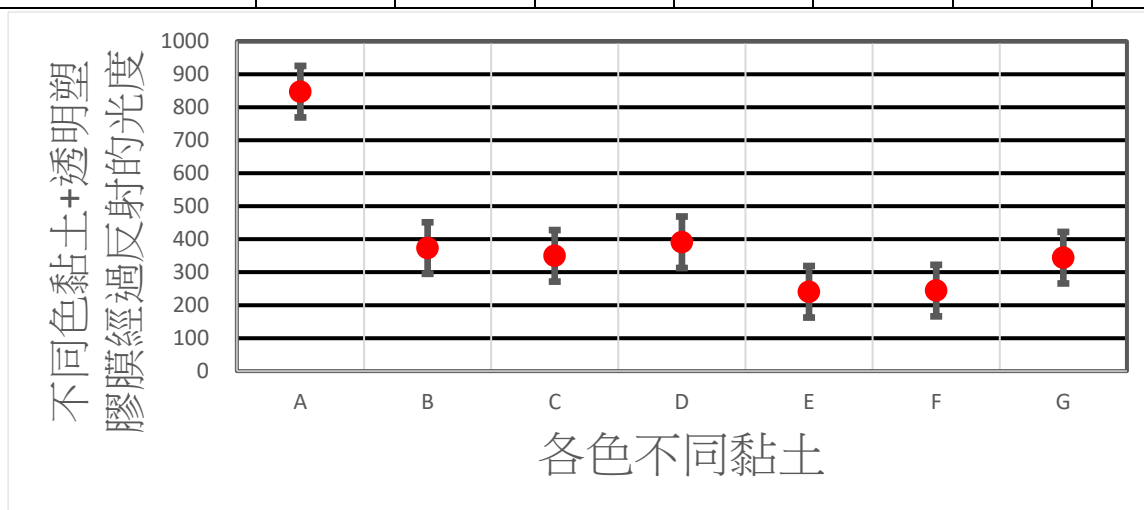


圖 5.4 不同顏色黏土經過反射後的光度

經由圖 5.4 的不同顏色黏土經過反射後的光度關係圖，我們可以發現每次測量出來 300 以上的數據都在 364.5 附近，標準差約為 21.68；我們也能發現每次測量出來 200 以上的數據都在 242.5 附近，標準差約為 2.55。

五、探討不同顏色的塑膠膜與穿透率的關係。

這個實驗用的穿透率為距離光源 6 公分的穿透率。分成不同顏色及不同層數測實驗數據。

(一)、淺粉紅色塑膠膜穿透率

表 5.5.1 為淺粉紅色塑膠膜的穿透率關係表，由表 5.5.1 我們可以發現當塑膠膜為淺粉紅色 1 層時，實驗數據為 52.6、53.3、53.4、54.5、54.5；當為淺粉紅色 5 層時，實驗數據為 13.5、14、14.1、14、14.2，由上述結果，我們可以得知，當淺粉紅色塑膠膜層數越多時，測得的穿透率會越低。

表 5.5.1 淺粉紅色塑膠膜的穿透率

穿透率 \ 次數 層數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
1	52.6	53.3	53.4	54.5	54.5	X	X	X	X	X	53.66	0.83
2	32.6	33.4	33.3	33.5	33.2	33.7	33.4	34.0	33.4	33.2	33.37	0.36
3	24.7	24.9	24.9	24.6	25.0	24.9	24.6	24.7	24.7	23.9	24.69	0.31
4	18.4	19.1	19.5	19.7	19.8	19.1	19.4	18.9	19.6	19.5	19.30	0.43
5	14.6	14.5	14.6	14.5	14.5	14.6	14.5	14.6	14.5	14.6	14.55	0.05

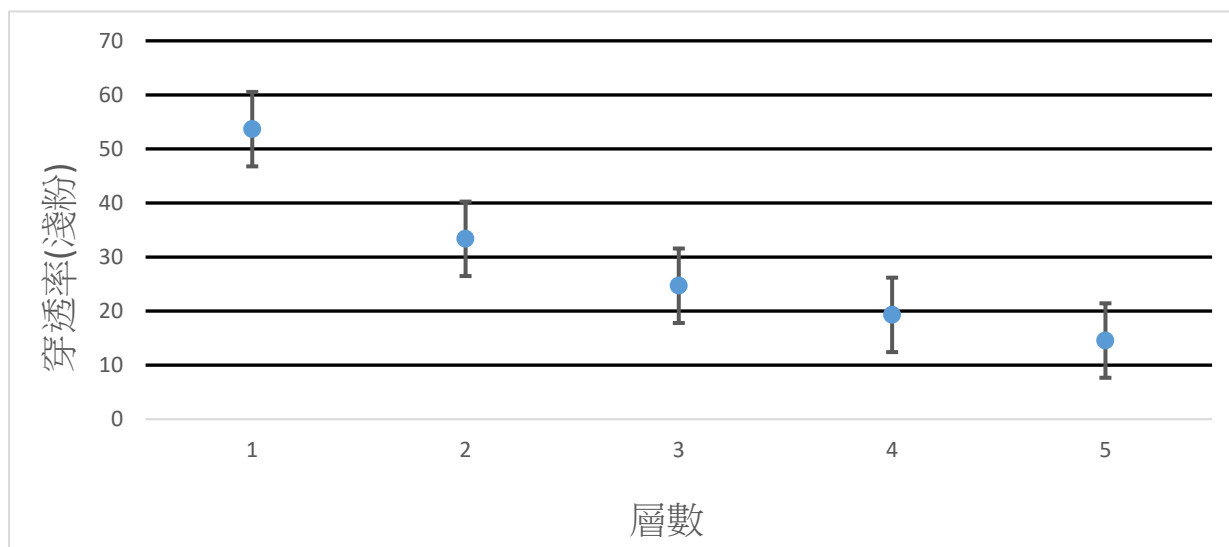


圖 5.5.1 淺粉紅色塑膠膜的透光度

經由圖 5.5.1 的不同色塑膠膜的穿透光度關係圖，我們可以發現當淺粉紅色塑膠膜層數越高時，穿透率越低。

(二)、深粉紅色塑膠膜穿透率。

表 5.5.2 為深粉紅色的塑膠膜穿透率關係表，由表 5.5.2 我們可以發現當塑膠為深粉紅色 1 層時，實驗數據為 22.7、22.8、22.5、22.9、22.7；當為深粉紅色 5 層時，實驗數據為 2.4、2.5、2.4、2.4、2.4，由上述結果，我們可以得知，當深粉紅色塑膠膜層數越多時，測得的穿透率會越低。

表 5.5.2 深粉紅色塑膠膜的穿透率

穿透率 次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
層數												
1	22.7	22.8	22.5	22.9	22.7	X	X	X	X	X	22.72	0.15
2	7.7	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.7	7.9	7.8	7.8	7.79	0.06
3	3.7	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.71	0.03
4	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	2.1	2.0	2.1	2.06	0.05
5	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.32	0.08

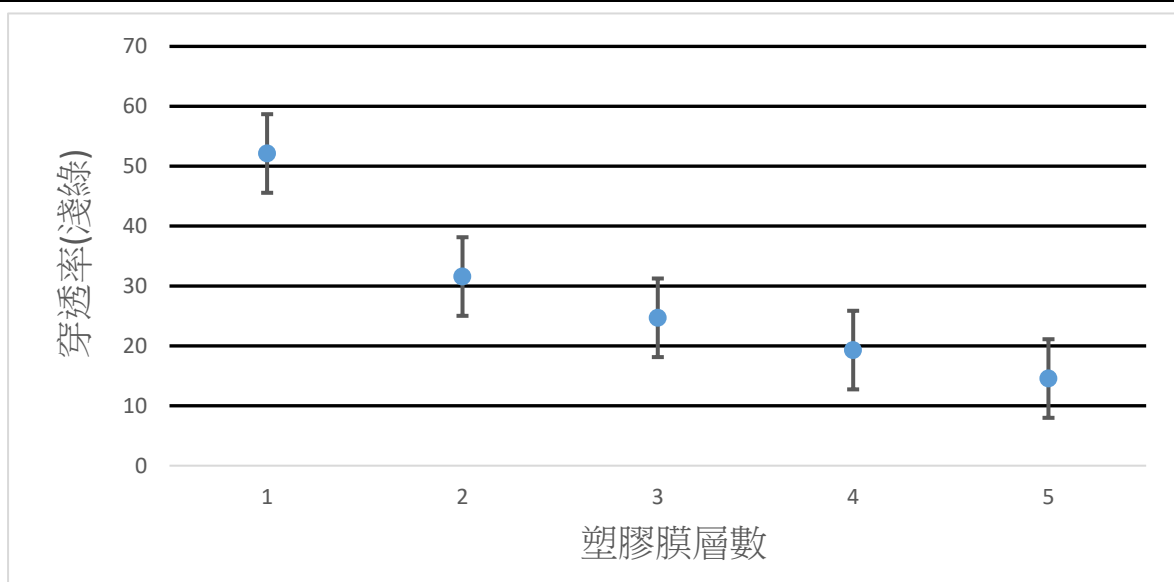


圖 5.5.2 深粉紅色塑膠膜的透光度

經由圖 5.5.2 的深粉紅色塑膠膜的透光度關係圖，我們可以發現當深粉紅色塑膠膜層數越高時，穿透率越低。

(三)、淺綠色塑膠膜的穿透率。

表 5.5.3 為淺綠色塑膠膜的穿透率關係表，由表 5.5.3 我們可以發現當塑膠膜為淺綠色 1 層時，實驗數據為 52.6、52.1、51.3、51.8、52.8；當為淺綠色 5 層時，實驗數據為 8.9、9.5、7.3、9.6、8.4，由上述結果，我們可以得知，當淺綠色塑膠膜層數越多時，測得的穿透率會越低。

表 5.5.3 淺綠色塑膠膜的穿透率

穿透率 次數 層數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
1	52.6	52.1	51.3	51.8	52.8	X	X	X	X	X	52.12	0.61
2	31.3	32.1	32.0	32.2	31.1	31.7	31.5	31.3	31.6	31.0	31.58	0.42
3	24.7	24.9	24.9	24.6	25.0	24.9	24.6	24.7	24.7	23.9	24.69	0.31
4	18.4	19.1	19.5	19.7	19.8	19.1	19.4	18.9	19.6	19.5	19.30	0.43
5	14.6	14.5	14.6	14.5	14.5	14.6	14.5	14.6	14.5	14.6	14.55	0.05

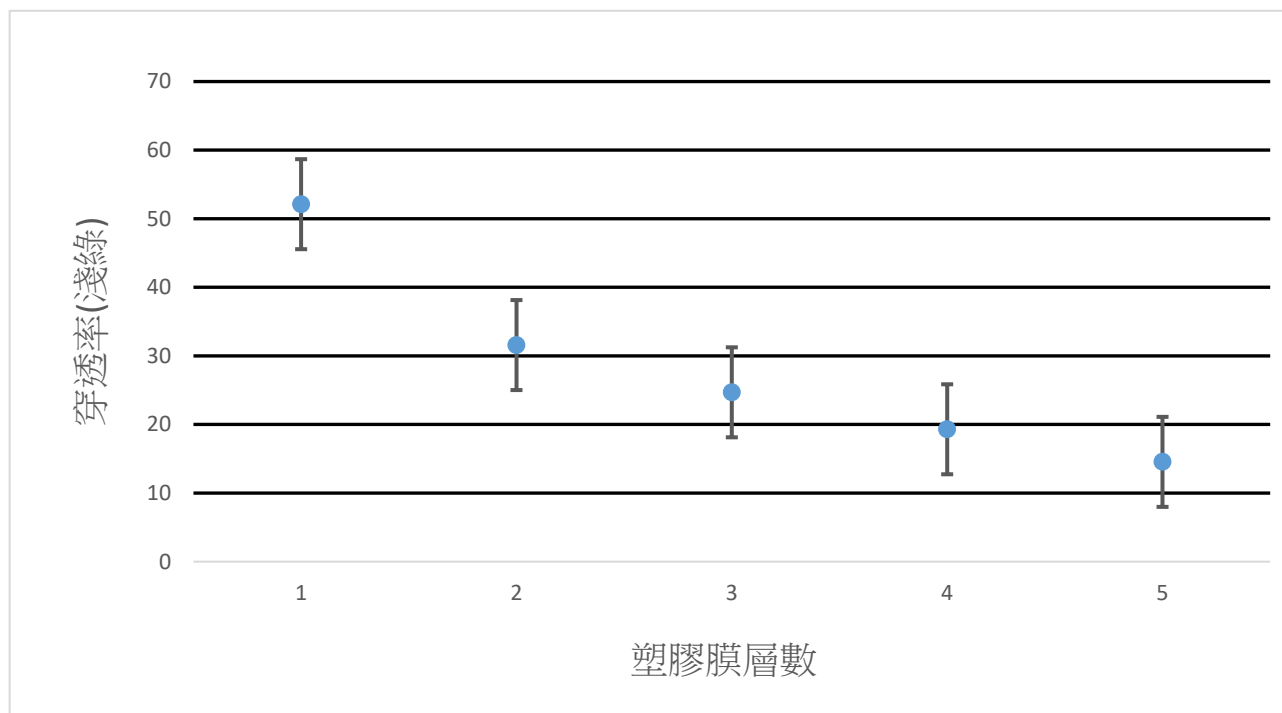


圖 5.5.3 淺綠色塑膠膜的透光度

經由圖 5.5.3 的淺綠色塑膠膜的透光度關係圖，我們可以發現當深粉紅色塑膠膜層數越高時，穿透率越低。

(四)、深綠色塑膠膜的穿透率。

表 5.5.4 為深綠色塑膠膜的穿透率關係表，由表 5.5.4 我們可以發現當塑膠膜為深綠色 1 層時，實驗數據為 18.9、17.5、18.9、17.8、18.9、18.4；當為深綠色 5 層時，實驗數據為 0.5、0.6、0.5、0.5、0.6，由上述結果，我們可以得知，當深綠色塑膠膜層數越多時，測得的穿透率會越低。

表 5.5.4 深綠色塑膠膜的穿透率

穿透率 / 次數 層數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
1	18.9	17.5	18.9	17.8	18.9	X	X	X	X	X	18.4	0.69
2	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	4.9	4.9	5.1	5.1	5.06	0.08
3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.16	0.05
4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.00
5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.26	0.05

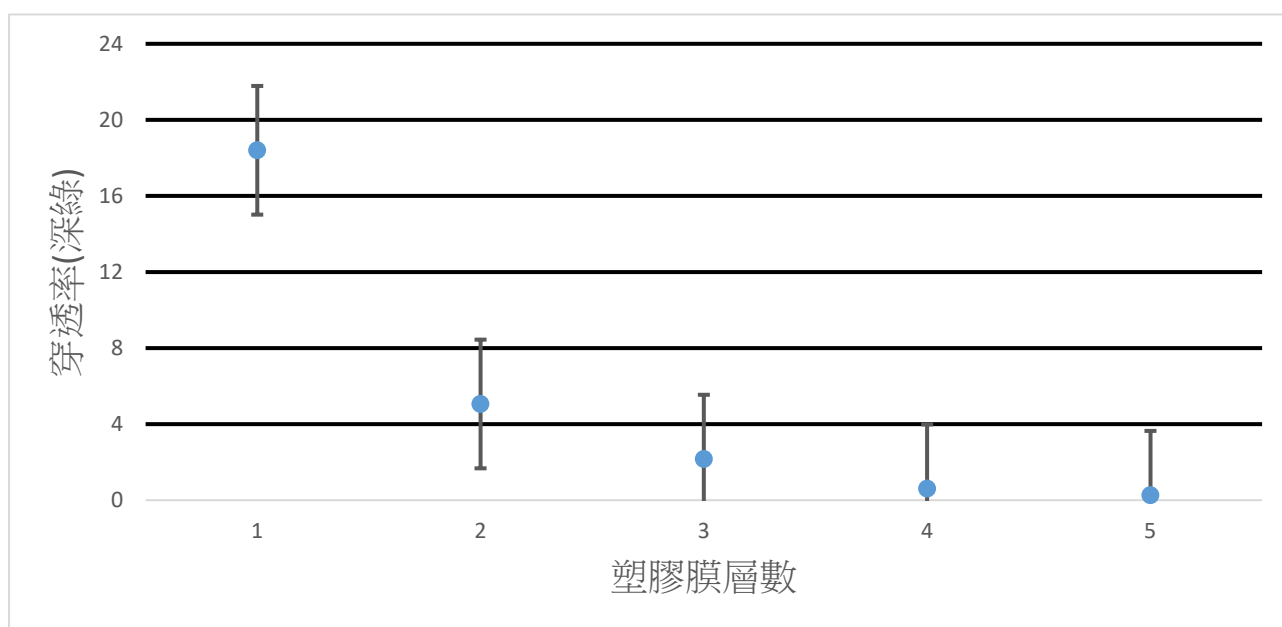


圖 5.5.4 深綠色塑膠膜的透光度

經由圖 5.5.4 的深綠色塑膠膜的透光度關係圖，我們可以發現當深綠色塑膠膜層數越高時，穿透率越低。

(五)、黃色塑膠膜的穿透率

表 5.5.5 為黃色塑膠膜的穿透率關係表，由表 5.5.5 我們可以發現當塑膠膜為黃色 1 層時，實驗數據為 62.3、63.2、62、63.4、63；當為黃色 5 層時，實驗數據為 14.5、15.8、15、14.6、15.9，由上述結果，我們可以得知，當黃色塑膠膜層數越多時，測得的穿透率會越低。

表 5.5.5 黃色塑膠膜的穿透率

穿透率 次數 層數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
1	62.3	63.2	62.0	63.4	63.0	X	X	X	X	X	62.78	0.60
2	39.3	40.0	39.7	39.3	39.6	39.9	39.9	39.8	39.5	39.8	39.68	0.25
3	28.7	28.6	28.9	28.8	28.8	28.7	28.6	28.8	29.6	28.6	28.81	0.30
4	19.9	20.0	20.0	20.0	19.4	20.1	20.2	20.2	19.5	20.0	19.93	0.27
5	14.9	16.0	16.2	16.1	16.1	16.2	15.7	15.9	15.9	16.2	15.92	0.39

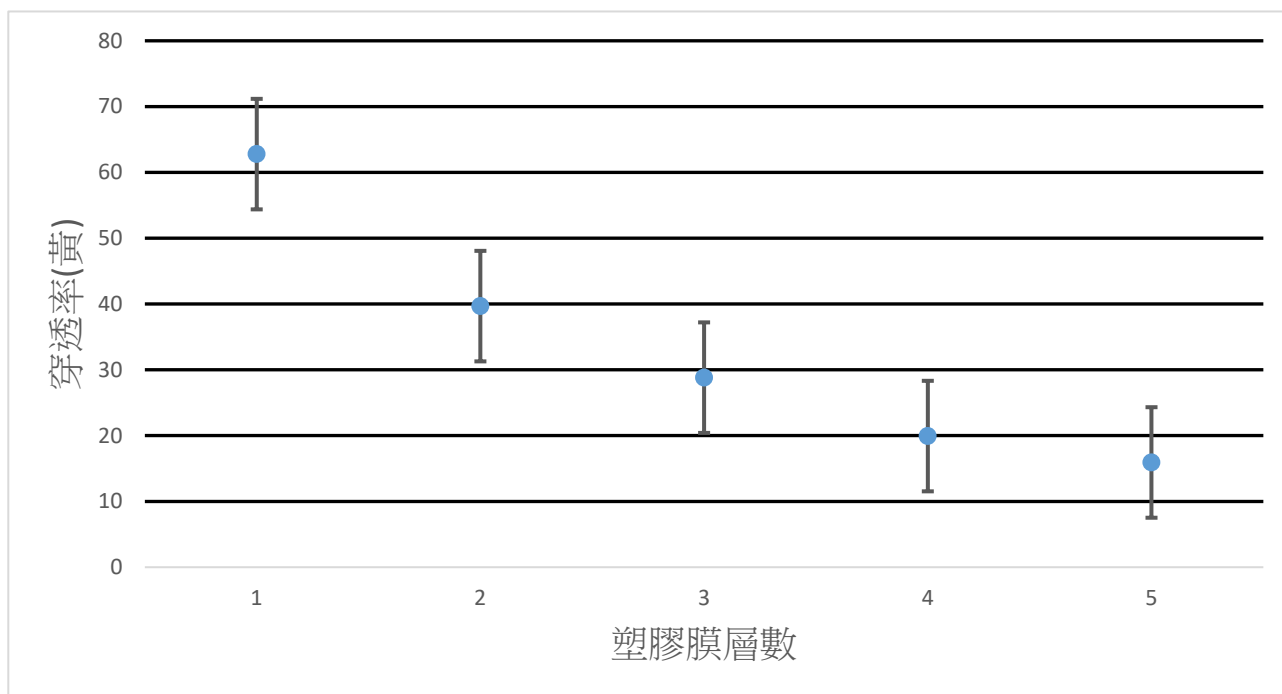


圖 5.5.5 黃色塑膠膜的透光度

經由圖 5.5.5 的黃色塑膠膜的透光度關係圖，我們可以發現當黃色塑膠膜層數越高時，穿透率越低。

(六)、紫色塑膠膜的穿透率。

表 5.5.6 為紫色塑膠膜的穿透率關係表，由表 5.5.6 我們可以發現當塑膠膜為紫色 1 層時，實驗數據為 14、14.9、14.8、14.7、14.8；當為紫色 5 層時，實驗數據為 1.4、1.4、1.4、1.4、1.4，由上述結果，我們可以得知，當黃色塑膠膜層數越多時，測得的穿透率會越低。

表 5.5.6 紫色塑膠膜的穿透率

穿透率 次數 層數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
1	14.0	14.9	14.8	14.7	14.8	X	X	X	X	X	14.64	0.36
2	4.6	4.7	4.6	4.5	4.5	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.59	0.06
3	2.5	2.4	2.4	2.5	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.43	0.05
4	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.62	0.04
5	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.39	0.05

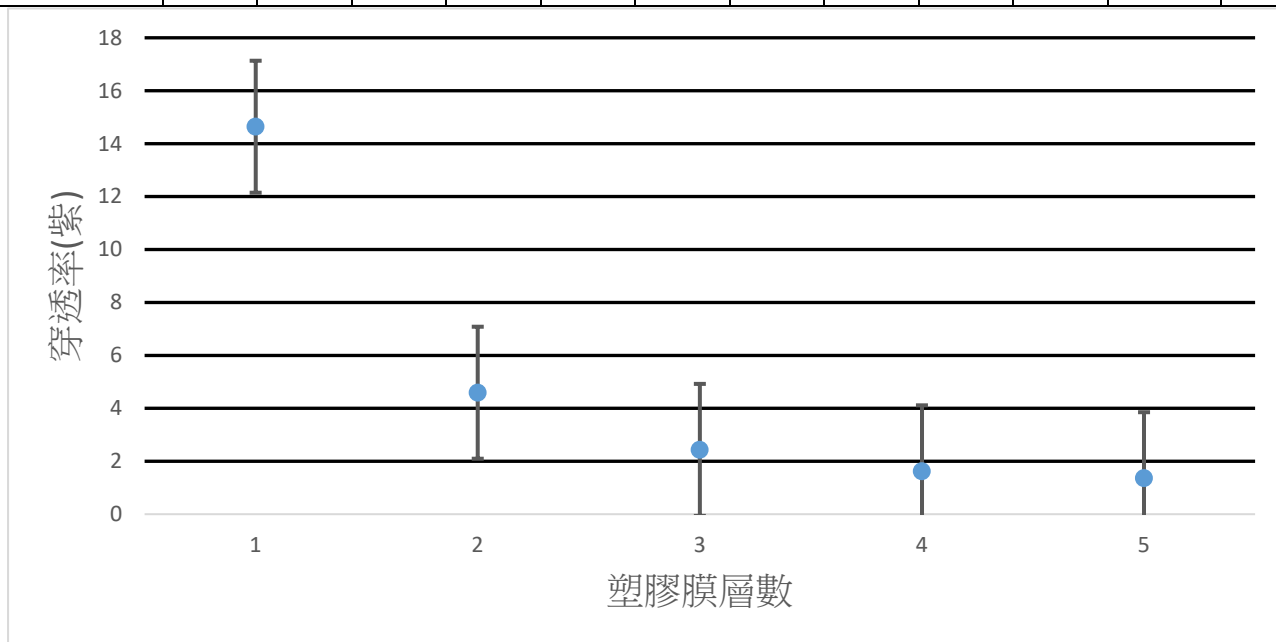


圖 5.5.6 紫色塑膠膜的透光度

經由圖 5.5.6 的紫色塑膠膜透光度關係圖，我們可以發現當紫色塑膠膜層數越高時，穿透率越低。

(七)、藍色塑膠膜的穿透率。

表 5.5.7 為藍色塑膠膜的穿透率關係表，由表 5.5.7 我們可以發現當藍色塑膠膜為藍色 1 層，實驗數據為 15.8、18.3、16.2、17.5、18.5；當藍色塑膠膜為 5 層時，實驗數據為 0.5、0.5、0.5、0.4、0.4，由上述結果，我們可以得知，當藍色塑膠膜層數越多時，測得的穿透率會降低。

穿透率 \ 次數 層數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
1	15.8	18.3	16.2	17.5	18.5	X	X	X	X	X	17.26	1.22
2	4.1	4.2	4.1	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	4.2	3.9	4.00	0.13
3	1.5	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.62	0.06
4	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1	1.07	0.05
5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.53	0.05

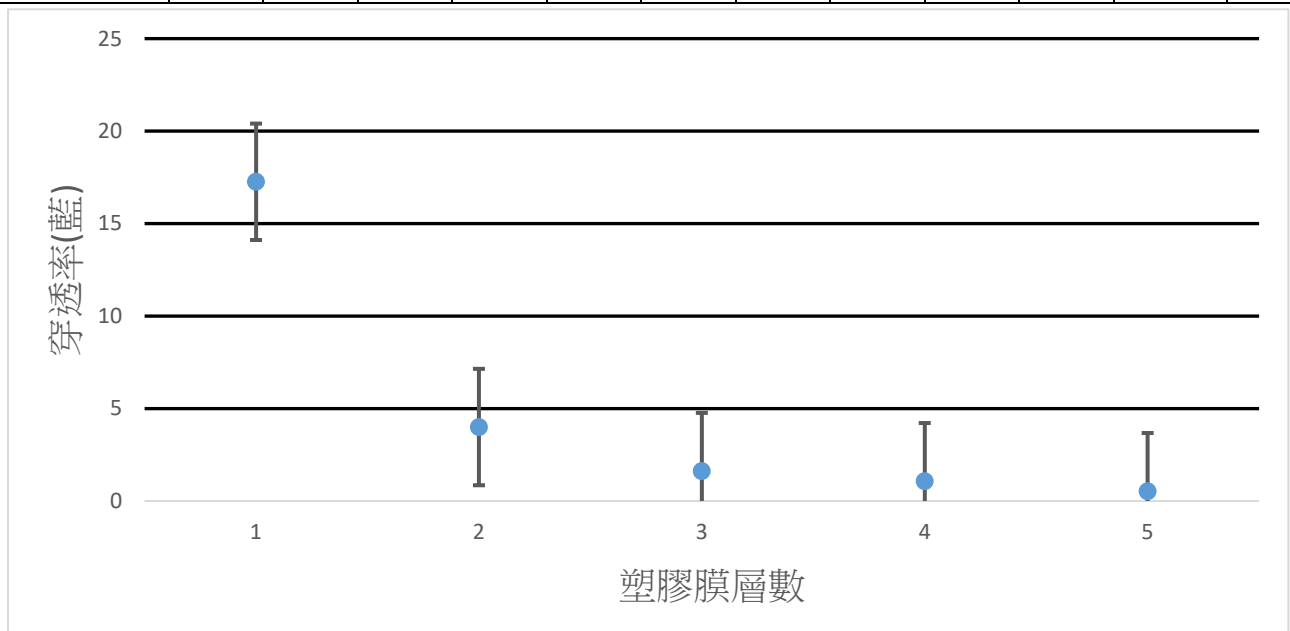


圖 5.5.7 藍色塑膠膜的透光度

經由圖 5.5.7 的藍色塑膠膜透光度關係圖，我們可以發現當藍色塑膠膜層數越高時，穿透率越低。

陸、討論

一、不同距離的雷射光和其光度的關係比較

經由表 5.1 我們觀察到當光線越遠離光敏電阻時，光的強度就會變小，我們認為是因為當雷射光越遠離光敏電阻時，中間容易受到的干擾就越多，如空氣，雷射光很容易經由空氣內的反射而導致偏折，直射時經過的空氣越多，雷射光線的角度就偏折越多，導致偏折過後的光線無法被光敏電阻所接收。圖 6.6.1 為流明度與 Arduino 光度對照圖，由圖形我們分析得知流明度與 Arduino 光度換算公式如下：

$$\text{Arduino 單位} = 0.25 \times \text{流明度}(\text{lux}) + 680$$

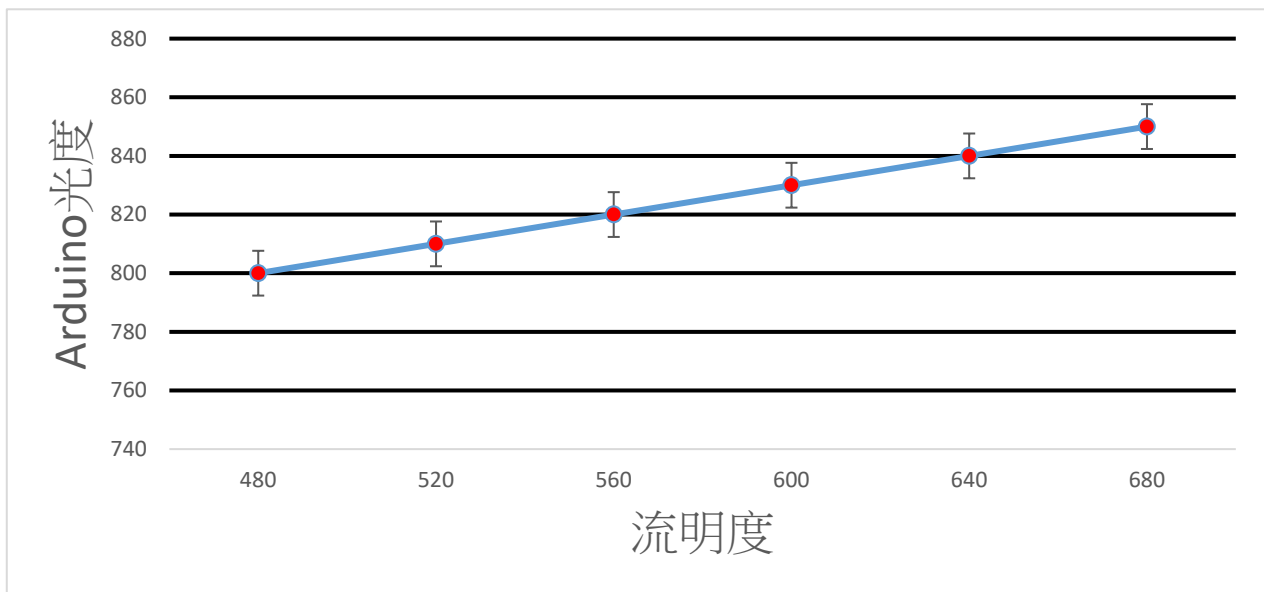


圖 6.6.1 流明度與 Arduino 光度對照圖

二、白色黏土加塑膠膜與反射光強度的關係比較

經由表 5.2 我們可以發現: 黃 > 紫 > 淺粉 = 淺綠 > 深綠 > 藍，由於材質較透的關係導致黃和紫的反射光強度大於淺粉和淺綠，但同材質的黃和紫的塑膠膜又因波長的不同而導致黃色的反射光強度大於紫；淺粉和淺綠因同材質的關係導致數據接近，粉色是位於紅色與藍色之間的顏色，和綠色非常接近，使得兩者的數據只有些微落差；深綠及藍色兩者屬於同樣較為霧面的材質，而藍色波長範圍又小於綠色，導致深綠得反射光強度大於藍色。

三、塑膠膜與反射光強度的關係比較

經由表 5.3 我們可以發現淺綠>淺粉紅>黃=深粉紅>深藍>紫>深綠，我們推測可能與透光度及被顏色吸收的光有關，因為深粉紅雖然比較能反射大部分的光，但也有不少的光被深粉紅色吸收；反觀黃色雖然比較不會吸收紅光雷射，但穿透的光也不少，所以才會導致黃色和深粉紅色的塑膠膜反射光度相同。

四、不同顏色黏土與反射光的關係比較

經由表 5.4 我們可以發現:橘 > 黃 > 紅 > 淺藍 > 咖啡 > 灰，我們推測黏土的乾淨程度與顏色飽和度會影響其數據，所以導致紅色的數據與橘色和黃色的數據比較起來較小，而淺藍色、咖啡色、灰色之間的數據可能是受到光源的顏色影響，吸收越多種可見光其反色的光就越少，而且加上波長的影響導致數據呈現淺藍>咖啡>灰。

五、不同顏色的塑膠膜與穿透率的關係比較

經由圖 5.5.1~5.5.7 我們可以發現: 黃 > 淺粉 > 淺綠 > 深粉 > 深綠 > 藍 > 紫，我們推測可能和材質有關，較為霧面的材質其穿透率便會比一般透明袋的穿透率小，而在相同材質中的穿透率又以黃色最大。在光譜色中黃色、綠色、藍色、紫色的波長分別是 570 — 590nm、495 — 570nm、450 — 475nm、380 — 450nm，而我們實驗所用的波長為 770.5nm，由於使用某一顏色的塑膠膜會使其光線只能通過使用塑膠膜顏色的光線，因此我們認為和其波長有關，顏色波長與實驗波長越相近的顏色其穿透率便會越大，而粉色是位於紅色與藍色之間的顏色，其穿透率便會與綠色十分接近。

柒、結論

- 一、定義出自製新光度單位---Arduino 單位， $\text{Arduino 單位} = 0.25 \times \text{流明度(lux)} + 680$ 。
- 二、不同距離的雷射光光強度會隨著雷射光的遠近呈現越近越亮，越遠越暗的關係。
- 三、白色黏土加塑膠膜與「完全」反射的光強度會隨著塑膠膜的顏色深淺呈現出越淺越亮越深越暗的關係。
- 四、塑膠膜與反射光強度會隨著塑膠膜的顏色呈現出越淺就越亮，越深就越暗的關係。
- 五、不同顏色的塑膠膜與穿透率會隨著顏色的深淺呈現越淺穿透率越高，越深穿透率越低的關係。

捌、未來展望

我們期望未來可將我們的實驗成果運用在協助色盲及無法辨色人士辨識顏色，同時也可運用在可撓式有機太陽能設備上，為整個世界盡一份心力。

玖、參考資料

- 一、中華民國第四十五屆中小學科學展覽會高中組物理科說明書(此在科展群傑廳內的中小學科學展覽會裡)----- 光對空氣的折射率測定。
- 二、中華民國第四十七屆中小學科學展覽會國中組物理科說明書-----折射玄機。
- 三、中華民國第五十四屆中小學科學展覽會國中組物理科說明書-----白色雪衣下的秘密－光的反射、折射與漫射。
- 四、半導體泵浦固體雷射器-華人百科。
<https://www.itsfun.com.tw/%E5%8D%8A%E5%B0%8E%E9%AB%94%E6%B3%B5%E6%B5%A6%E5%9B%BA%E9%AB%94%E9%9B%B7%E5%B0%84%E5%99%A8/wiki-0323696-4868476>
- 五、八上自然與生活科技課本 翰林出版。

【評語】 030113

實驗設計簡單清晰，有幫助盲人的潛力。可以再針對光源顏色與透光材料顏色做匹配，並多了解背後的物理，這樣會有更多的發現。

摘要

在市面上，我們時常見到使用塑膠等穿透率高的材料所製作而成的商品，而顏色和厚度對穿透率及反射率的影響也很高，因此在這次的實驗中，我們定義新的照度單位 Arduino，並且探討顏色、厚度與穿透率、反射率的關係，利用不同顏色及厚度的塑膠膜找出塑膠袋顏色、厚度其穿透率、反射率的高低，並且藉由反射率的規律關係與量化的結果，協助色盲或無法辨色人士辨識顏色。

壹、研究動機

某天我看了篇特別的文章，內容在描述北極熊的皮膚是黑色的，而毛是透明色，並不是白色。看完文章後，我想，這跟光反射有關吧！這時我才想到學校最近剛教完「光的反射」這個小章節，於是我就把光反射後波長不變的性質運用在我的科展上，希望只透過光的亮度就能知道物體真正的顏色，並運用七上教的線性函數 $y=ax+b$ 進行單位換算，我想，這實驗數據對身障人士或多或少會有幫助，於是我便開始著手科展。

貳、研究目的

- 一、測量不同距離時的流明，藉以定義新光度單位。
- 二、探討不同距離的雷射光和其光度的關係。
- 三、探討白色黏土加塑膠膜與反射率的關係。
- 四、探討塑膠膜與反射率的關係。
- 五、探討不同顏色黏土與反射率的關係。
- 六、探討不同顏色的塑膠膜與穿透率的關係。

參、研究設備及器材

Arduino 套組(圖 3-1)、LED 燈(圖 3-1)、光敏電阻(圖 3-1)、1K 電阻(圖 3-1)、紅光雷射筆(圖 3-2)、自製光學實驗固定架子(圖 3-3)、不同顏色黏土、不同色塑膠膜、分光光度計(圖 3-4)、黏土加塑膠膜、分光光度計的卡榫卡上的塑膠、TES-1339R/1339P 照度計(圖 3-5)



圖 3-1



圖 3-2



圖 3-3



圖 3-4



圖 3-5

肆、研究過程與方法

一、歷屆科展比較

年份	第 45 屆	第 47 屆	第 54 屆
作品名稱	光對空氣的折射率測定	折射玄機	白色雪衣下的秘密
科別	物理科	物理科	物理科
實驗主題	藉由改變氣壓、加熱鐵板使鐵板上產生溫度梯度，了解光傳遞的機制。	研究水溶液的濃度、密度、溫度對光產生折射的影響。	探討透明毛色的北極熊在白光、不同色光下會呈現什麼顏色。
差異	歷屆作品並無像我們這組的作品一樣去探討物體顏色與光的關係，也沒有和我們相同去定義一個供 Arduino 使用的有關光的單位。		

二、文獻探討

- (一) 1. 紅光雷射筆，僅是一個由電池做能源的二極體。
2. 此雷射筆是波長為 671nm 紅光雷射筆。
3. 半導體泵浦固體雷射器(英文全稱: Diode Pump Solid State Laser)。

(二)、實驗原理

穿透率公式

$T = P_0/P * 100\%$ ，其中 T 為穿透率
 P_0 為入射光的強度，P 為透出光的強度

$T_1 - T = \text{穿透率}$

$T = \text{原始無塑膠膜時的穿透率(基準值)}$

$T_1 = \text{實驗後之樣本的穿透率}$

(三)、Arduino 實驗測量程式碼

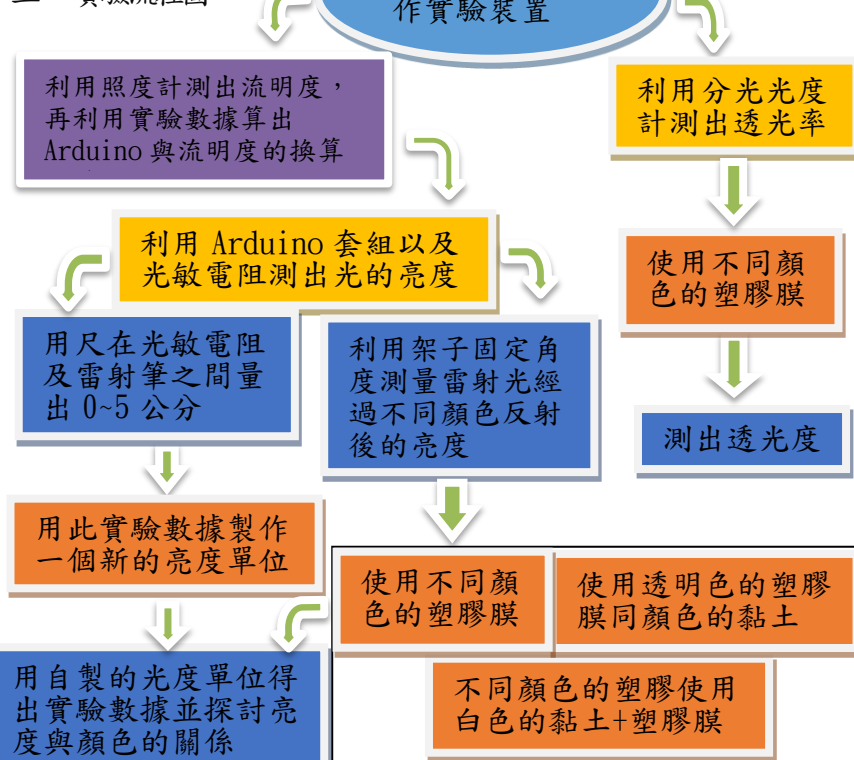
Arduino 程式碼:

```

int i = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
  digitalWrite(13, LOW);
}
int pr_min = 400;
void loop(){
  int pr = analogRead(A0);
  Serial.println(pr);
  digitalWrite(13, pr > pr_min ? LOW : HIGH);
  delay(1000);
}

```

三、實驗流程圖



四、實驗方法和步驟

(一). 實驗裝置圖(換算)



(二). 實驗步驟:

1. 將照度計取出並放在實驗架子內。
2. 將雷射筆用尺測量與照度計的距離並放入架子內。
3. 將雷射筆的光以 90 度直射入照度計。
4. 測量並紀錄實驗數據。
5. 將數據結合實驗一的數據算出 Arduino 單位與流明度的換算。

(一). 實驗裝置圖(反射)



(二). 實驗步驟:

1. 不改變雷射光入射角的情況下，測量不同顏色黏土反射的光度。
2. 將 Arduino 模板連接到光敏電阻和 1K 電阻。
3. 開電腦打程式碼傳至模板。
4. 將雷射筆和光敏電阻放入架子內。
5. 使黏土加塑膠膜(或塑膠膜平鋪在架子上方)。
6. 開啟雷射筆的開關，使光線反射至光敏電阻。
7. 測量並記錄實驗數據。

(一). 實驗裝置圖(穿透)



(二). 實驗步驟:

1. 只改變透明塑膠膜的顏色和厚度，觀察穿透率的變化。
2. 將待測塑膠膜片放入固定架卡好。
3. 開啟分光光度計，預熱 30 分鐘。
4. 將分光光度計的模式改為 T(穿透率)，並將基礎值設為 100.0%。
5. 將卡好塑膠片的固定架放入分光光度計中，並對準分光光度計的光源。
6. 蓋上分光光度計的蓋子後，觀察顯示面板的數據。
7. 比較顏色與厚度對穿透率的影響。

伍、研究結果

一、測量不同距離時的流明，藉以定義新光度 Arduino 單位。

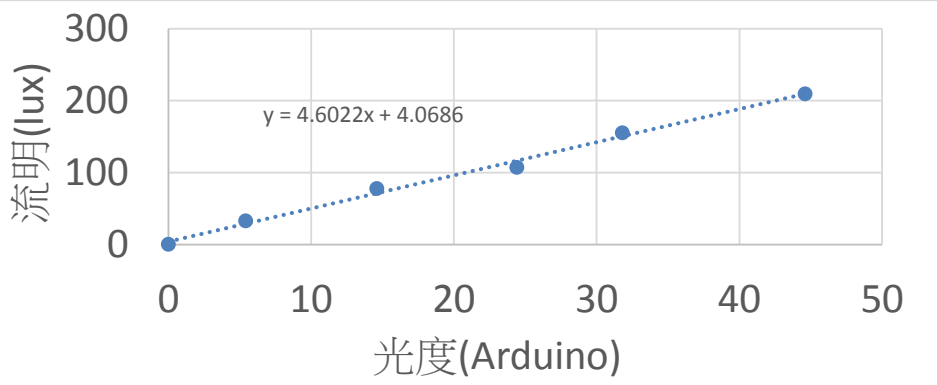


圖 5.1: Arduino 光度與流明度關係圖

$$\text{流明(lux)} \approx 4 \text{ 光度(Arduino)} + 4$$

二、不同的雷射光距離和其光度的關係，找出合適的實驗距離。

表 5.2: Arduino 光度比對關係表(角度=90 度)

次數 距離(cm)	1	2	3	4	5	平均值	標準差
0.00	852.0	853.0	854.0	852.0	852.0	853.0	0.89
1.00	841.0	842.0	835.0	842.0	839.0	840.0	2.95
2.00	836.0	830.0	831.0	833.0	832.0	832.0	2.30
3.00	819.0	820.0	824.0	822.0	828.0	823.0	3.58
4.00	805.0	813.0	813.0	817.0	819.0	813.0	5.37
5.00	811.0	808.0	802.0	808.0	811.0	808.0	3.67

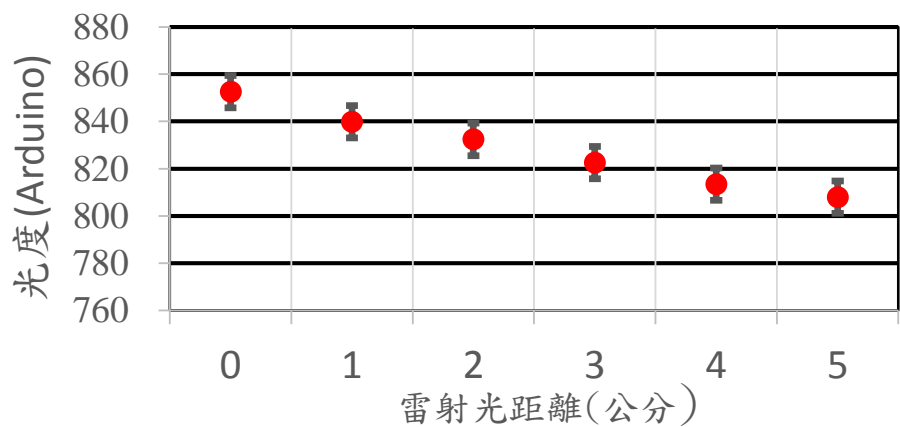


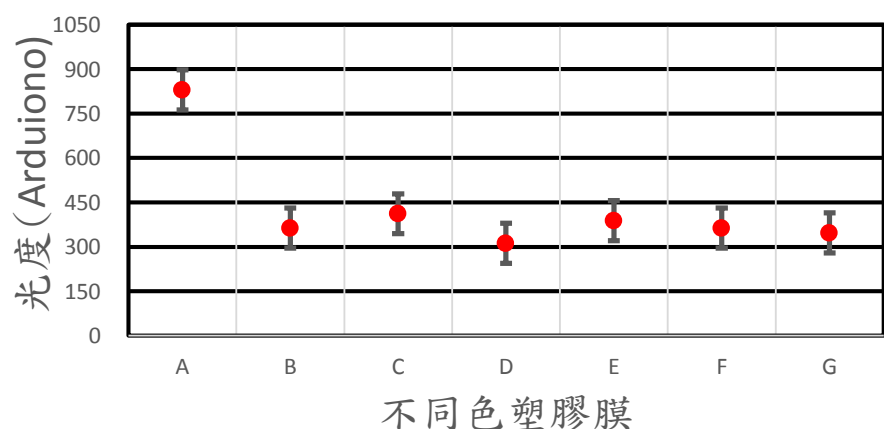
圖 5.2: Arduino 光度比對關係圖

由表 5.2 我們可以發現，當光線離光敏電阻越遠時，光的強度越小。之後的實驗由於光源離樣品為 1.5 公分，所以訂標準光源為 836。

三、探討白色黏土加塑膠膜與反射率的關係

表 5.3: 白色黏土加不同色塑膠膜與反射率關係表(角度=30)

(Arduino)	1	2	3	4	5	平均值	標準差
雷射筆原亮度(A)	831.0	831.0	828.0	825.0	833.0	830.0	3.13
粉紅(B)	348.0	353.0	369.0	379.0	367.0	363.0	12.58
黃色(C)	412.0	411.0	413.0	413.0	410.0	412.0	1.30
深藍(D)	308.0	312.0	313.0	311.0	315.0	312.0	2.59
紫色(E)	388.0	389.0	388.0	388.0	388.0	388.0	0.40
淺綠(F)	361.0	362.0	364.0	364.0	365.0	363.0	1.64
深綠(G)	346.0	347.0	348.0	347.0	347.0	347.0	0.71



由表 5.3 我們可以得知，越深的顏色經過光「全部」反射後，測得的數據會越低。

四、探討塑膠膜與反射率的關係

表 5.4: 不同色塑膠膜與反射率關係表(角度=30)

反射率 塑膠膜顏色(Arduino)	1	2	3	4	5	平均值	標準差
淺綠(A)	174.0	174.0	175.0	175.0	175.0	175.0	0.55
深綠(B)	104.0	104.0	104.0	103.0	102.0	103.0	0.89
淺粉紅(C)	157.0	157.0	158.0	157.0	157.0	157.0	0.45
深粉紅(D)	137.0	138.0	138.0	138.0	139.0	138.0	0.71
黃(E)	140.0	139.0	139.0	138.0	136.0	138.0	1.52
紫(F)	117.0	118.0	118.0	119.0	119.0	118.0	0.84
深藍(G)	132.0	133.0	132.0	131.0	132.0	132.0	0.71

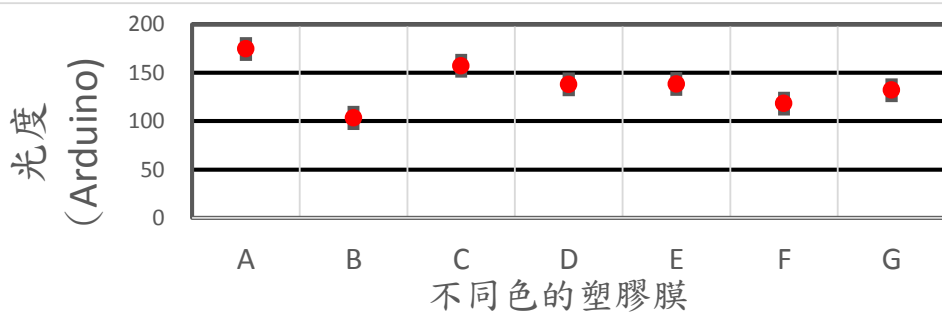


圖 5.4: 不同色塑膠膜與反射率關係圖

由表 5.4 我們可以發現當塑膠膜顏色越深時，測得的數據越低，當塑膠膜顏色越淺時測得的數據越高。

五、探討不同顏色黏土與反射率的關係

表 5.5 不同顏色黏土與反射率關係表(角度=30)

反射率 黏土顏色(Arduino)	1	2	3	4	5	平均值	標準差
雷射筆原亮度(A)	861.0	841.0	849.0	845.0	841.0	847.0	8.29
黃色(B)	364.0	385.0	376.0	388.0	353.0	373.0	14.65
紅色(C)	338.0	329.0	345.0	372.0	364.0	350.0	17.95
橘色(D)	402.0	390.0	390.0	387.0	385.0	391.0	6.61
灰色(E)	245.0	247.0	249.0	225.0	237.0	241.0	9.84
咖啡色(F)	233.0	229.0	252.0	253.0	254.0	244.0	12.15
淺藍色(G)	343.0	344.0	344.0	345.0	344.0	344.0	0.71

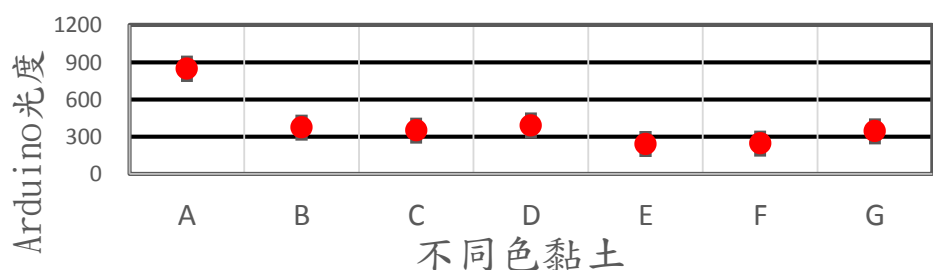


圖 5.5 不同顏色黏土與反射率關係圖

由表 5.5 我們可以發現當黏土顏色越深時，測得的數據越低，當黏土顏色越淺時測得的數據越高。

六、探討不同顏色的塑膠膜與穿透率的關係

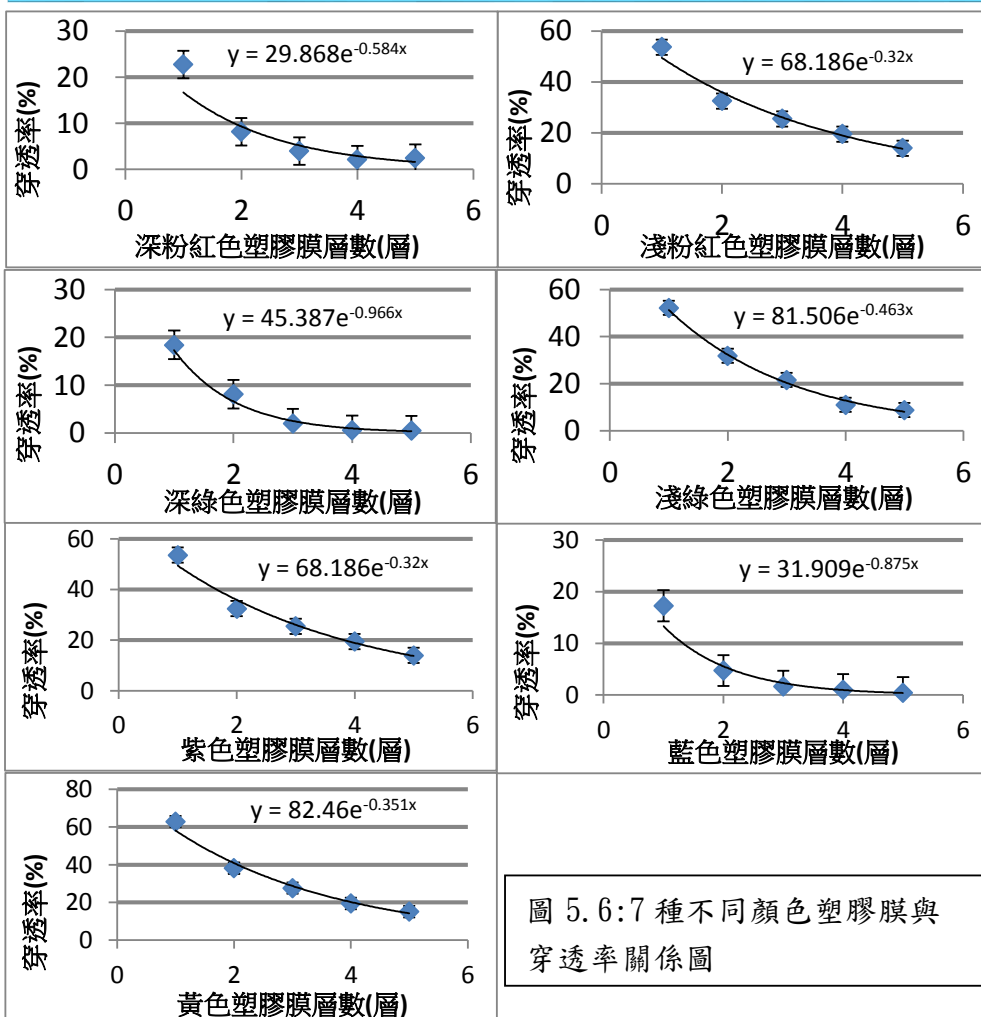


圖 5.6: 7 種不同顏色塑膠膜與穿透率關係圖

由上面七張圖我們可以發現當塑膠膜顏色越深時，測得的穿透率越低，當塑膠膜顏色越淺時測得的穿透率越高。

陸、討論

一、流明(lux)與光度(Arduino)關係

我們分析流明與光度關係如下列公式所示：

$$\text{流明(lux)} \approx 4 \text{ 光度(Arduino)} + 4$$

我們推測，當光度為零時，流明不為零，此乃因為實驗過程中的光的洩漏造成的。

二、不同距離的雷射光和其光度的關係比較

我們觀察到光遠離光敏電阻時，光的強度會變小，我們認為是雷射光遠離光敏電阻時，中間容易受到的干擾越多，如空氣，雷射光容易經由空氣內的折射導致偏折，直射時經過的空氣越多，雷射光的角度就偏折越多，而偏折後的光線將會干擾光敏電阻接收。

二、白色黏土加塑膠膜與反射光強度的關係比較

不同色塑膠膜，反射光強度比較如下：

$$\text{黃} > \text{紫} > \text{淺粉} = \text{淺綠} > \text{深綠} > \text{藍}$$

因材質較透的關係導致黃和紫的反射光大於淺粉和淺綠，同材質的黃和紫的塑膠膜又因波長範圍不同，導致黃色的反射光大於紫；淺粉和淺綠因同材質導致數據接近，粉是位於紅與藍之間的顏色，和綠非常接近，使得兩者的數據只有些微落差；深綠及藍兩者皆屬於較為霧面的材質，藍色波長範圍又較遠離實驗波長，導致深綠的反射光大於藍色。

三、塑膠膜與反射光強度的關係比較

可發現：淺綠>淺粉>黃=深粉>深藍>紫>深綠，我們推測與透光度及被顏色吸收的光有關，深粉雖然較能反射大部分的光，但也有不少的光被其吸收；反觀黃色雖然較不會吸收紅光雷射，但穿透的光也不少，才會導致黃和深粉的塑膠膜反射光度相似。

四、不同顏色黏土與反射光的關係比較

可發現：橘>黃>紅>淺藍>咖啡>灰，我們推測黏土的乾淨程度與顏色飽和度會影響其數據，導致紅的數據與橘和黃的數據比較起來較小；淺藍、咖啡、灰之間的數據可能受到光源顏色影響，吸收越多種可見光其反射的光就越少，加上波長範圍的影響導致數據呈現淺藍>咖啡>灰。

五、不同顏色的塑膠膜與穿透率的關係比較

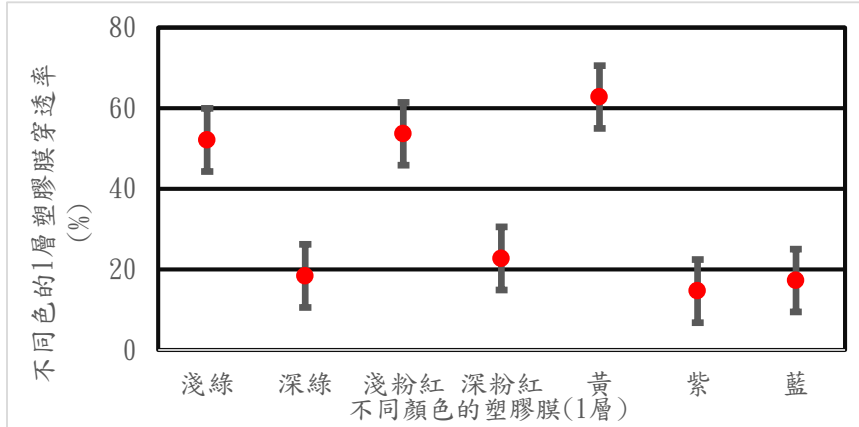


圖 6.1 單層的塑膠膜穿透率

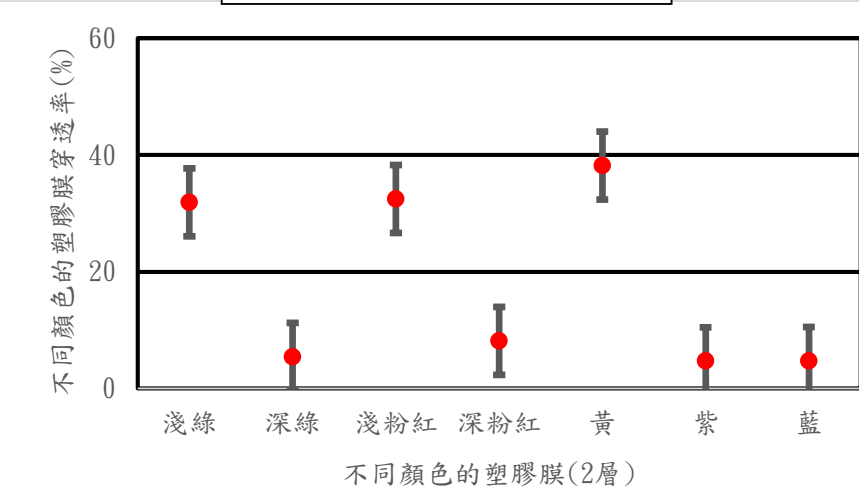


圖 6.2 雙層的塑膠膜穿透率

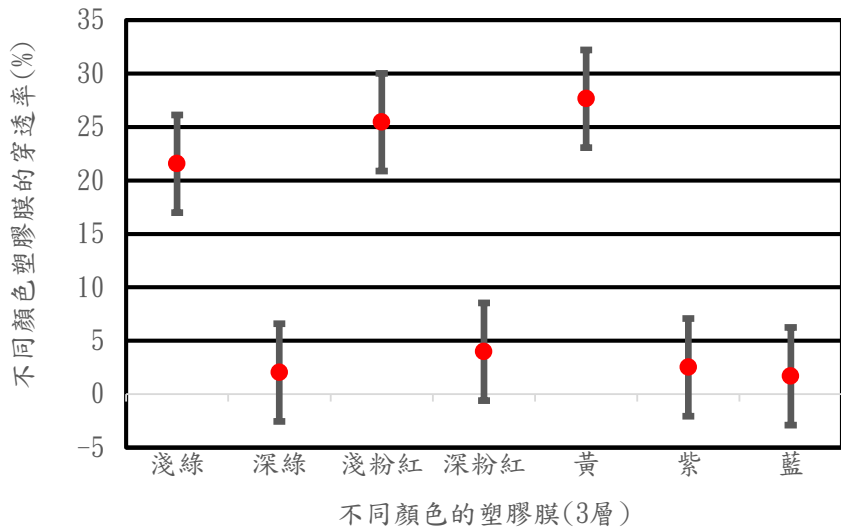


圖 6.3 三層的塑膠膜穿透率

可發現其穿透率的大小為：黃 > 淺粉 > 淺綠 > 深粉 > 深綠 > 藍 > 紫，我們推測與材質及塑膠膜層數有關；較霧面的材質其穿透率會比光滑塑膠袋的穿透率小，在相同材質中穿透率又以黃色最大；當塑膠片的塑膠膜層數越多時，被塑膠膜吸收的光線增加，所以穿透率會越低。光譜色中黃色、綠色、藍色、紫色的波長分別是 570 — 590nm、495 — 570nm、450 — 475nm、380 — 450nm，我們實驗所用的波長為 770.5nm，當使用某一顏色的塑膠膜會使其只能通過使用塑膠膜顏色的光線，因此我們認為和波長有關，顏色波長範圍與實驗波長越相近的顏色其穿透率便會越大。

柒、結論

- 一、定義出自製新光度單位---Arduino 單位。
1 流明(Lux) ≈ 4 光度(Arduino)
- 二、不同距離的雷射光與其光強度會隨著雷射光的遠近呈現越近越亮，越遠越暗的關係。
- 三、白色黏土加塑膠膜與反射光強度會隨著塑膠膜顏色深淺呈現出越淺越亮越深越暗的關係。
- 四、塑膠膜與反射光強度會隨著塑膠膜顏色呈現出越淺就越亮，越深就越暗的關係。
- 五、不同顏色的塑膠膜與穿透率會隨著顏色深淺呈現出越淺穿透率越高，越深穿透率越低的關係。

捌、未來展望

我們期望未來可將我們的實驗成果運用在協助色盲及無法辨色人士辨識顏色，同時也可運用在可撓式有機太陽能上，為整個世界盡一份心力。

玖、參考資料

- 一、中華民國第四十五屆中小學科學展覽會高中組物理科說明書(此在科展群傑廳內的中小學科學展覽裡)----- 光對空氣的折射率測定。
- 二、中華民國第四十七屆中小學科學展覽會國中組物理科說明書----- 折射玄機。
- 三、中華民國第五十四屆中小學科學展覽會國中組物理科說明書----- 白色雪衣下的秘密—光的反射、折射與漫射。
- 四、半導體泵浦固體雷射器-華人百科。
<https://www.itsfun.com.tw/%E5%8D%8A%E5%B0%8E%E9%AB%94%E6%B3%B5%E6%B5%A6%E5%9B%BA%E9%AB%94%E9%9B%B7%E5%B0%84%E5%99%A8/wiki-0323696-4868476>
- 五、八上自然與生活科技課本 翰林出版。