

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

佳作

030505

抗 UV 福音

學校名稱：高雄市立正興國民中學

作者： 國二 陳奕婷 國二 郭庠榛 國二 黃榕 國二 陳玠勳	指導老師： 林佳旻
--	------------------

關鍵詞：紫外線、抗 UV 材質

摘要：

本研究利用紫外線光度計以及簡易自製觀測裝置，探討影響太陽紫外線輻射遮蔽效果的相關因素。實驗方法為使用材質及顏色不同的布料，以及材質不同的紙張，使用自製裝置觀察紫外線光度計的數值，並比較觀測地點高度及陽光照射角度對紫外線數值的影響。實驗結果說明，影響紫外線遮蔽效果的原因包含布料顏色、布料材質、厚度以及陽光照射角度，而地面的紫外線數值較 222 公尺大樓頂端紫外線數值低。此外，本研究自製之觀測裝置，具有操作簡易及結果容易觀察之特點，可應用於國中自然科之教學上。

壹、研究動機

在我們的研究小組裡，有個同學去海邊玩因為沒有做防曬的措施而被曬傷，皮膚脫皮發紅，痛苦了好幾個禮拜，我們都不敢碰到他。而且同學又在報紙上看到紫外線會致癌的報導。因此，在他復原後，我們便發誓要探討出紫外線對人的影響，以及各種材料的布與紙對紫外線的遮擋效果影響程度。此研究是爲了所有愛在太陽下活動的人著想，找出一種防紫外線效果最佳的布料，這樣就不必怕被晒傷，不用過著痛苦的日子。

貳、研究目的

- 1.不同的布料，對於紫外線的影響。
- 2.同一種布料但顏色不同，對於紫外線的影響。
- 3.不同的紙類，對於紫外線的影響。
- 4.不同高度下，紫外線的影響。
- 5.陽光入射的角度不同，對於紫外線的影響。
- 6.不同厚度的同種布料，對於紫外線的影響。
- 7.不同厚度的同種紙類，對於紫外線的影響。

參、實驗器具

1.紫外線光度計：測紫外線的強度，本實驗中主要測量波長 290nm~390nm，也就是 UVA、UVB、UVC 中的 UVA 和 UVB。

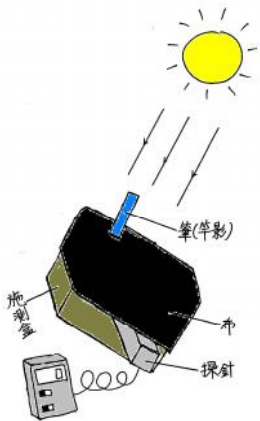
註：

※一般對紫外線光譜的分類及其波長爲：↓
真空紫外線 (Vacuum UV)，波長爲 10 ~ 200nm
短波紫外線 (UV-C)，波長爲 200 ~ 290nm↓
中波紫外線 (UV-B)，波長爲 290 ~ 320nm↓
長波紫外線 (UV-A)，波長爲 320 ~ 400nm

2.實驗裝置及觀測設計：

把一個小紙箱割成兩半。其中一個的上半部把連接面與面的邊割開，使它可前後翻動。再翻動的那一面挖一個洞。拿一隻筆插在上面，可看它的影子來判斷太陽的仰角。





採用這種盒子設計的方式原因如下：

在進行實驗時，為了避免天氣因素所造成的紫外線指數誤差，我們會先測量當日當地的紫外線背景值(以下簡稱背景值)，然後再於實驗裝置盒中測量布料、紙類遮蔽後的紫外線數值(以下簡稱測量值)。

接下來則依照所測得的數值計算布料、紙類的遮蔽率以及穿透率，計算方法如下：

1.遮蔽率：(背景值－測量值) ÷ 背景值

最低遮蔽率：(背景值－最高測量值) ÷ 背景值

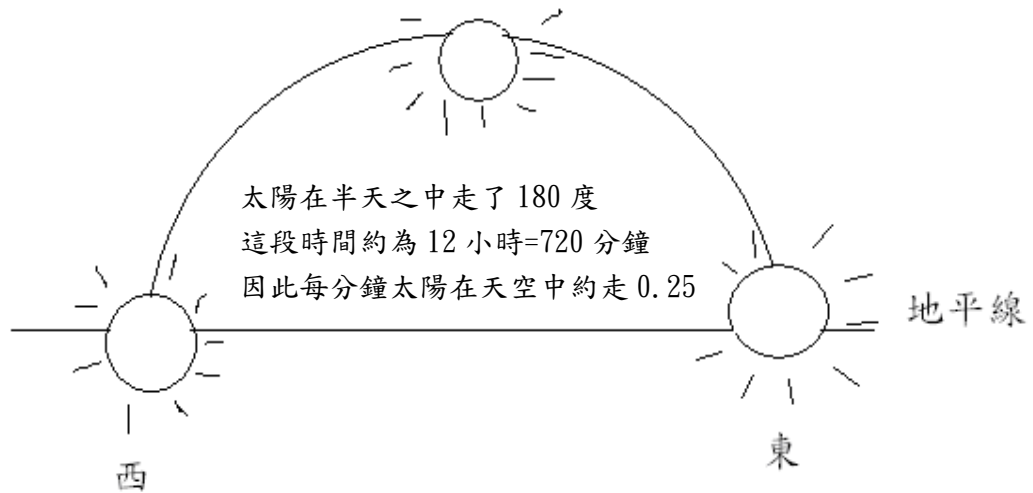
2.穿透率：100%－遮蔽率

此外，在實驗觀測時，為降低大氣瞬間擾動或者雲瞬間移動遮蔽所造成的誤差，我們並非測量紫外線的瞬間數值，而是測量一段時間內，等距時間間隔的瞬間值後，加以平均。但是，如此一來卻有可能在這段時間內，因太陽在天空中有產生移動而出現太陽仰角上差異而造成的誤差，考量到這一點，我們在進行實驗時，可以藉由觀測實驗盒上筆的影子長短，校正太陽的仰角，盡量使其保持為90度的直射狀態。

在實驗中希望藉由筆的影子校正保持太陽直射狀態，這是因為在白天時，地平線上太陽由東向西移動約為180度，而一天有24小時，即1440分鐘，白天約等於720分鐘。由此可以約略算出每分鐘太陽移動了的角度：180度 ÷ 720分鐘 = 0.25度(如下圖)。

因此在我們的觀測期間內，太陽可能會有1.25度~2.5度(5分鐘至10分鐘)

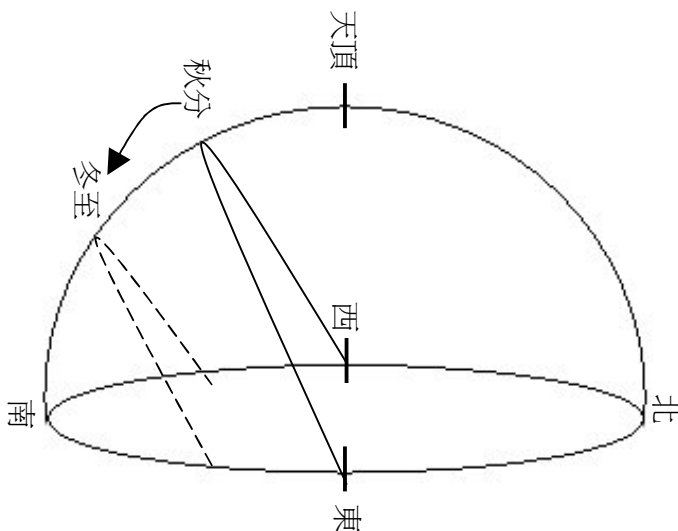
的角度移動，可能導致實驗結果誤差，所以設計這個影子校正法希望可以盡量減少環境誤差。



早上6:00升起，傍晚6:00落下

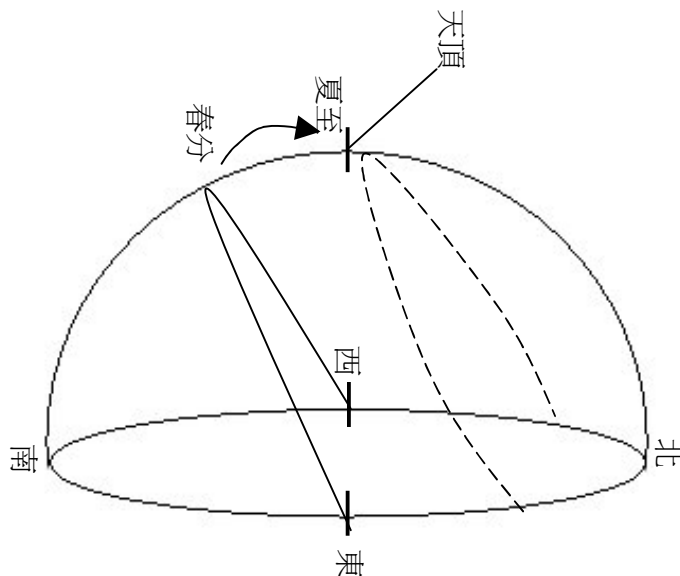
最後，由於實驗材料較多，無法全數於同日測完，我們也有將太陽仰角的每日變化考慮進去，將不同日期測量時的太陽仰角計算出來，方法如下：

我們實驗 1~實驗 5 觀測日期大多介於秋分(9/23)與冬至(12/22)之間，因此可以將太陽在天空中移動的軌跡視為如下圖箭號的移動：



若將秋分時高雄地區(22.5 °N)中午的太陽仰角計算後視為 67.5 度，冬至仰角為 44 度，則在 9/23~12/22 這 90 天期間，太陽仰角約在天空中移動了 23.5 度，也就是約每天移動： $(23.5 \div 90)$ 度。

實驗 6~實驗 7 觀測日期大多介於春分(3/21)與夏至(6/22)之間，因此可以將太陽在天空中移動的軌跡視為如下圖箭號的移動：



若將春分時高雄地區(22.5 ° N)中午的太陽仰角計算後視為 67.5 度，夏至仰角為 90 度，則在 3/21~6/22 這 93 天期間，太陽仰角約在天空中移動了 22.5 度，也就是約每天移動： $(22.5 \div 93)$ 度。

因此我們依據以上推論，可將不同觀測日期的太陽仰角計算出來，公式如下：

實驗 1~實驗 5: 太陽仰角 = 67.5 ° - 【與秋分相隔的天數 \times (22.5 ° \div 93)】

實驗 6~實驗 7: 太陽仰角 = 67.5 ° + 【與春分相隔的天數 \times (22.5 ° \div 93)】

由上述所計算出來的仰角理論值，可作為實驗時維持布料是否與太陽成直射的驗證。

3.布料：

(1)同種材質、不同顏色：黑、藍、綠、紅、黃、白

(2)皆黑色、不同材質：平織布、針織布、尼龍布、麻布、抗 UV 布、長毛布、風衣布、絨布、緞面金蔥布、珍珠紗金蔥布、雪紡紗、不織布

4.紙張：西卡紙、白報紙、厚紙板、美工紙（黑色）、無色玻璃紙、綠色玻璃紙、雲彩紙、海報紙、粉彩紙、瓦楞紙

5.量角器：測不同角度紫外線指數的變化

6.筆記本：紀錄實驗結果與數據

7.手錶：計時

肆、實驗步驟及變因

實驗 1：測量同為黑色的不同布類材質對紫外線的遮蔽效果

1.變因

(1)燥縱變因：各類布料

(2)保持不變變因：天氣狀況、太陽仰角

(3)應變變因：紫外線指數多寡

2.步驟

(1)準備同為黑色的不同布料（平織布、針織布、尼龍布、麻布、抗 UV 布、長毛布、風衣布、絨布、緞面金蔥布、珍珠紗金蔥布、雪紡紗、不織布）。

- (2)用 2 小片魔鬼氈黏至於平織布之兩端。
- (3)將其放置於測量裝置上，以魔鬼氈固定。
- (4)先以紫外線光度計測出當日的紫外線指數。
- (5)用紫外線光度計，1 分鐘測量一次紫外線指數，共計 5 次，記錄下來，並取平均值。
- (6)改用其餘布料，並重複步驟(2)~(5)。

實驗 2：測量不同顏色的不織布對紫外線的遮蔽效果

1 變因

- (1)燥縱變因：布料顏色（黑、白、紅、黃、藍、綠）
- (2)保持不變變因：天氣狀態（同一天施測）、太陽仰角
- (3)應變變因：紫外線指數多寡

2 步驟

- (1)準備不同顏色的不織布（黑、白、紅、黃、藍、綠）。
- (2)用 2 小片魔鬼氈黏至於黑色不織布之兩端。
- (3)將其放置於測量裝置上，以魔鬼氈固定。
- (4)先以紫外線光度計測出當日的紫外線指數。
- (5)用紫外線光度計，1 分鐘測量一次紫外線指數，共計 5 次，記錄下來，並取平均值。
- (6)改用其餘顏色的不織布，並重複步驟(2)~(5)。

實驗 3：測量不同紙類材質對紫外線的遮蔽效果

1 變因

- (1)燥縱變因：各種紙類（西卡紙、白報紙、厚紙板、美工紙、無色玻璃紙、綠色玻璃紙、雲彩紙、海報紙、粉彩紙、瓦楞紙）
- (2)保持不變變因：天氣狀態（同一天施測）、太陽仰角
- (3)應變變因：紫外線指數多寡

2 步驟

- (1)準備不同紙類（西卡紙、白報紙、厚紙板、綠色玻璃紙、無色玻璃紙、美工紙等）將施測盒調整至太陽直射狀態。
- (2)先以紫外線光度計測出當日的紫外線指數。
- (3)用 2 小片魔鬼氈將紙固定於施測盒上，將紫外線光度計置於施測盒中。
- (4)用紫外線光度計，1 分鐘測量一次紫外線指數，共計 5 次，記錄下來，並取平均值。
- (5)改用其餘的紙類，並重複步驟(2)~(4)。
- (6)測量各種不同的紙張厚度，先取一疊同種紙張，使用游標尺測量其厚度，再除以其張數，觀察紙張厚度與穿透率的關係。
- (7)測量相同面積之不同的紙類的質量，觀察其密度與穿透率的關係。

實驗 4：測量不同高度對紫外線指數的影響

1 變因

- (1) 操縱變因：高度的改變
- (2) 保持不變變因：太陽仰角、天氣狀況（同一天施測）
- (3) 應變變因：紫外線指數多寡

2 步驟

- (1) 到長谷世貿大樓(50 層)頂樓（離地面約 222m）使用紫外線光度計，利用竿影調整至太陽直射狀態。2 分鐘測量一次，共計 5 次，記錄下來，並取平均值。
- (2) 再至平地測量，重複步驟(1)。

實驗 5：測量不同角度(施測盒與地面夾角)對紫外線指數的影響

1 變因

- (1) 操縱變因：太陽仰角（如圖一）
- (2) 保持不變變因：天氣狀態（同一天施測）
- (3) 應變變因：紫外線指數多寡

2 步驟

- (1) 將施測盒於地面上置妥，將量角器對齊地面，依角度改變盒子傾角。
- (2) 每五度測量一次，每次測三分鐘，一分鐘記錄一次。

圖一

實驗 6：測量同種布料不同厚度紫外線的變化

1 變因

- (1) 操縱變因：同種布料不同厚度
- (2) 保持不變變因：天氣狀況、太陽仰角
- (3) 應變變因：紫外線指數的多寡

2 步驟

- (1)~(5) 步驟同實驗 1。
- (6) 取兩層平織布重複步驟(2)~(5)。
- (7) 取三層平織布重複步驟(2)~(5)。
- (8) 取其餘布料重複步驟(2)~(7)。

實驗 7：測量同種紙類不同厚度紫外線的變化

1 變因

- (1) 操縱變因：同種紙類不同厚度
- (2) 保持不變變因：天氣狀態、太陽仰角
- (3) 應變變因：紫外線指數多寡

2 步驟

- (1)~(5) 步驟同實驗 3。
- (6) 取兩層西卡紙重複步驟(2)~(5)。
- (7) 取三層西卡紙重複步驟(2)~(5)。
- (8) 改用其餘重複步驟(2)~(7)。

伍、實驗結果

實驗 1：測量同為黑色的不同布類材質對紫外線的遮蔽效果

地點：正興國中操場

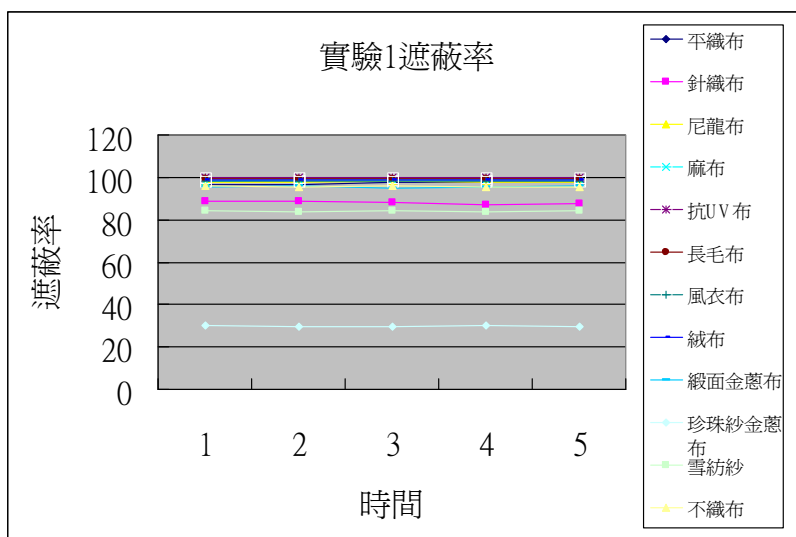
日期：10/22

背景值：3280

太陽仰角：59.93 度

A. 遮蔽率

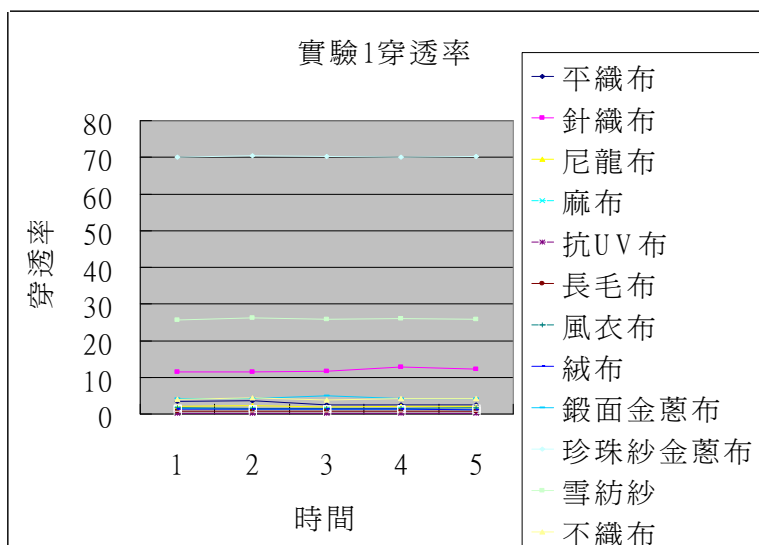
布種	平織布	針織布	尼龍布	麻布	抗 UV 布	長毛布
第一次	96.5%	88.6%	97.9%	98.5%	99.9%	99.3%
第二次	96.3%	88.5%	97.7%	98.6%	99.9%	99.3%
第三次	97.5%	88.4%	98.0%	98.7%	99.9%	99.2%
第四次	97.5%	87.2%	97.9%	98.7%	99.9%	99.2%
第五次	97.5%	87.7%	97.9%	98.8%	99.9%	99.3%
最低遮蔽率	96.3%	87.0%	97.7%	98.5%	99.9%	99.1%
平均遮蔽率	97.1%	88.1%	97.9%	98.6%	99.9%	99.2%
◊						
布種	風衣布	絨布	緞面金蔥布	珍珠紗金蔥布	雪紡紗	不織布
第一次	98.3%	98.7%	95.7%	30.0%	84.4%	95.9%
第二次	98.4%	98.7%	95.8%	29.6%	83.7%	95.6%
第三次	98.4%	98.7%	95.1%	29.7%	84.2%	96.1%
第四次	98.4%	98.7%	95.7%	29.9%	84.0%	95.7%
第五次	98.3%	98.8%	95.8%	29.8%	84.1%	95.7%
最低遮蔽率	98.0%	98.6%	94.8%	29.0%	83.5%	95.5%
平均遮蔽率	98.4%	98.8%	95.62%	29.8%	84.1%	95.8%



B. 穿透率

布種	平織布	針織布	尼龍布	麻布	抗UV布	長毛布
第一次	3.5%	11.4%	2.1%	1.5%	0.1%	0.7%
第二次	3.7%	11.5%	2.3%	1.4%	0.1%	0.7%
第三次	2.5%	11.6%	2.0%	1.3%	0.1%	0.8%
第四次	2.5%	12.8%	2.1%	1.3%	0.1%	0.8%
第五次	2.5%	12.3%	2.1%	1.2%	0.1%	0.7%
最高穿透率	3.7%	13.0%	2.3%	1.5%	0.1%	0.9%
平均穿透率	2.9%	11.9%	2.1%	1.4%	0.1%	0.8%

布種	風衣布	絨布	緞面金蔥布	珍珠紗金蔥布	雪紡紗	不織布
第一次	1.7%	1.3%	4.3%	70.0%	25.6%	4.1%
第二次	1.6%	1.3%	4.2%	70.4%	26.3%	4.4%
第三次	1.6%	1.3%	4.9%	70.3%	25.8%	3.9%
第四次	1.6%	1.3%	4.3%	70.1%	26.0%	4.3%
第五次	1.7%	1.2%	4.2%	70.2%	25.9%	4.3%
最高穿透率	2.0%	1.4%	4.38%	71.0%	26.5%	4.5%
平均穿透率	1.6%	1.2%	5.2%	70.2%	25.9%	4.2%

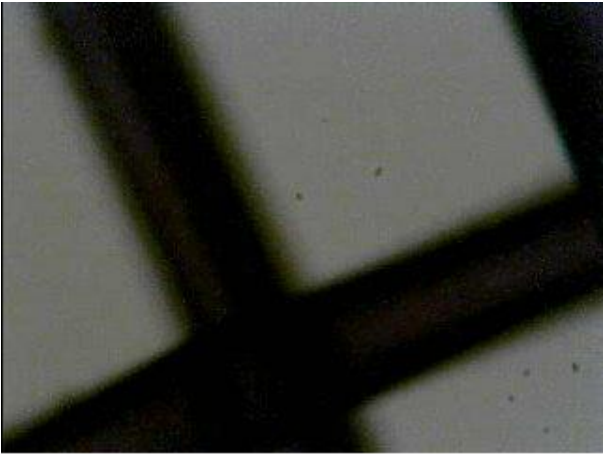



C. 綜合比較

布種	顏色	布料厚度	平均遮蔽率	平均穿透率
長毛布	黑	0.800cm	99.2%	0.8%
絨布	黑	0.200cm	98.8%	1.2%
不織布	黑	0.150cm	95.8%	4.2%
珍珠紗金蔥布	黑	0.130cm	29.8%	70.2%
針織布	黑	0.050cm	88.1%	11.9%
緞面金蔥布	黑	0.050cm	98.6%	1.4%
尼龍布	黑	0.038cm	97.9%	2.1%
平織布	黑	0.025cm	97.1%	2.9%
麻布	黑	0.025cm	98.6%	1.4%
雪紡紗	黑	0.025cm	84.1%	25.9%
抗UV布	黑	0.013cm	99.9%	0.1%
風衣布	黑	0.013cm	98.4%	1.6%

D 顯微鏡拍攝布料孔隙結果：

使用相同倍率(40 倍)生物用顯微鏡拍攝影片後截取照片

布料名稱	照片
珍珠紗金蔥布	
雪紡紗	

實驗 2：測量不同顏色的不織布對紫外線的遮蔽效果

地點：正興國中操場

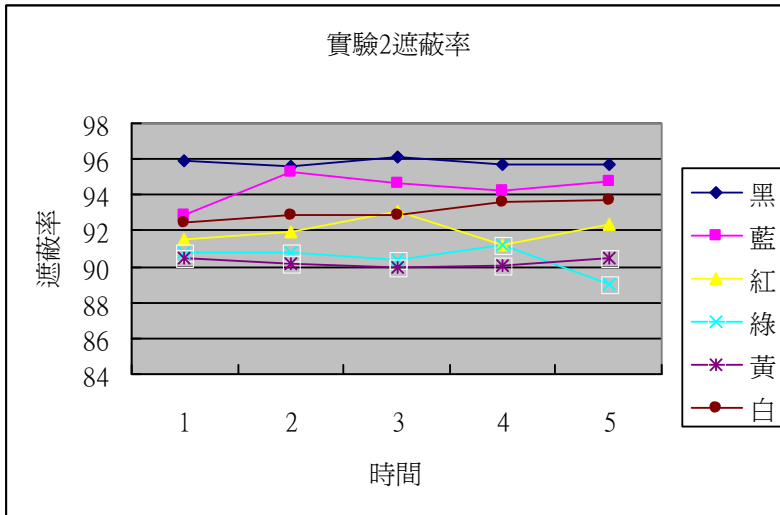
日期：10/29

背景值：3370

太陽仰角：58.10 度

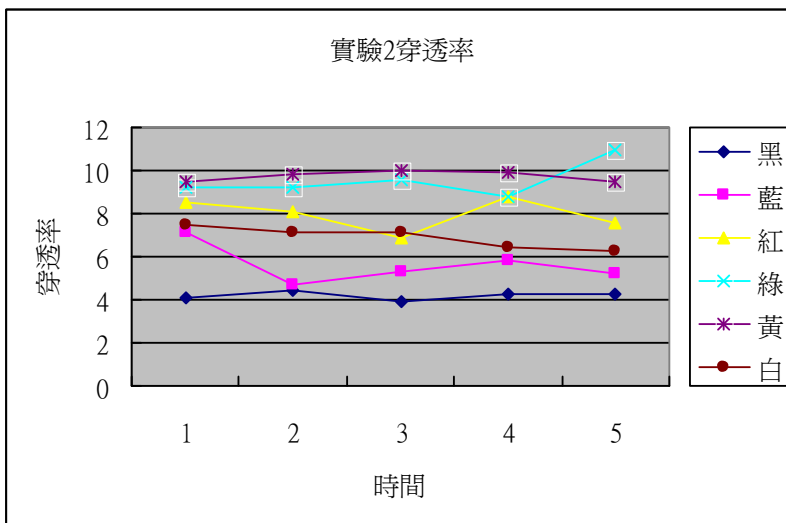
A. 遮蔽率

布種	黑不織布	藍不織布	紅不織布	綠不織布	黃不織布	白不織布
第一次	95.9%	92.9%	91.5%	90.8%	90.5%	92.5%
第二次	95.6%	95.3%	91.9%	90.8%	90.2%	92.9%
第三次	96.1%	94.7%	93.1%	90.4%	90.0%	92.9%
第四次	95.7%	94.2%	91.2%	91.2%	90.1%	93.6%
第五次	95.7%	94.8%	92.4%	89.0%	90.5%	93.7%
最低遮蔽率	95.5%	92.2%	90.5%	88.7%	90.0%	92.2%



B. 穿透率

布種	黑不織布	藍不織布	紅不織布	綠不織布	黃不織布	白不織布
第一次	4.1%	7.1%	8.5%	9.2%	9.5%	7.5%
第二次	4.4%	4.7%	8.1%	9.2%	9.8%	7.1%
第三次	3.9%	5.3%	6.9%	9.6%	10.0%	7.1%
第四次	4.3%	5.8%	8.8%	8.8%	9.9%	6.4%
第五次	4.3%	5.2%	7.6%	11.0%	9.5%	6.3%
最高穿透率	4.5%	7.8%	9.5%	11.3%	10.0%	7.8%
平均穿透率	4.2%	5.6%	8.0%	9.8%	9.8%	6.9%



C. 綜合比較

布種	顏色	布料厚度	遮蔽率	穿透率
不織布	黑	0.15cm	95.8%	4.2%
不織布	藍	0.15cm	94.4%	5.6%
不織布	白	0.15cm	93.1%	6.9%
不織布	紅	0.15cm	92.0%	8.0%
不織布	綠	0.15cm	90.2%	9.8%
不織布	黃	0.15cm	90.2%	9.8%

實驗 3：測量不同紙類材質對紫外線的遮蔽效果

地點：正興國中操場

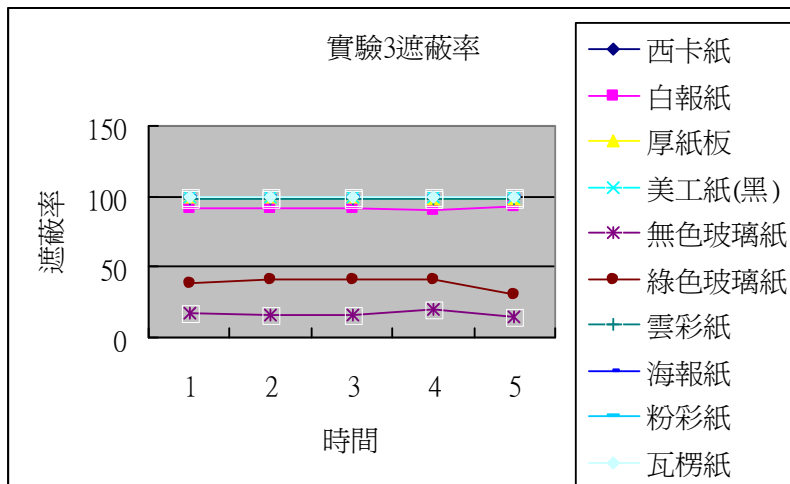
日期：12/11

背景值：4260

太陽仰角：49.48 度

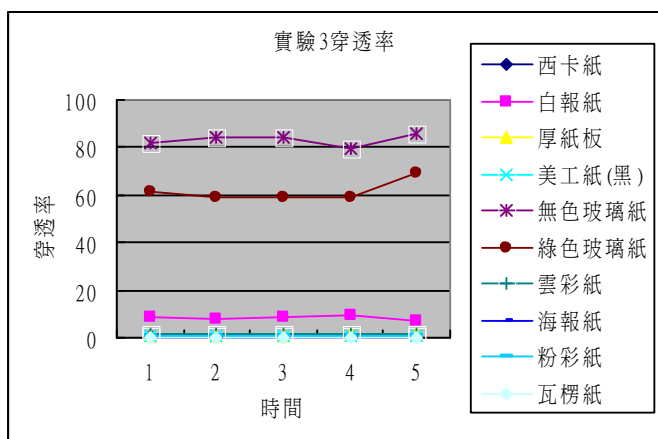
A. 遮蔽率

紙類	西卡紙	白報紙	厚紙板	美工紙(黑)	無色玻璃紙
第一次	99.6%	91.1%	99.0%	99.0%	17.8%
第二次	99.8%	91.8%	98.9%	99.0%	15.9%
第三次	99.7%	91.1%	98.9%	99.3%	15.7%
第四次	99.4%	90.9%	98.8%	98.9%	20.3%
第五次	99.2%	93.0%	98.7%	99.3%	14.3%
最低遮蔽率	99.2%	90.5%	98.5%	98.8%	9.8%
平均遮蔽率	99.6%	91.6%	98.9%	99.1%	16.8%
↕					
紙類	綠色玻璃紙	雲彩紙	海報紙	粉彩紙	瓦楞紙
第一次	38.9%	98.3%	99.7%	99.4%	99.9%
第二次	41.3%	98.3%	99.7%	99.5%	99.9%
第三次	41.3%	98.4%	99.8%	99.4%	99.9%
第四次	41.1%	98.3%	99.8%	99.3%	99.8%
第五次	30.9%	98.4%	99.7%	99.4%	99.7%
最低遮蔽率	38.5%	98.3%	99.6%	99.2%	99.7%
平均遮蔽率	37.5%	98.34%	99.74%	99.4%	99.84%



B 穿透率

紙類	西卡紙	白報紙	厚紙板	美工紙(黑)	無色玻璃紙
第一次	0.4%	8.9%	1.0%	1.0%	82.2%
第二次	0.2%	8.2%	1.1%	1.0%	84.1%
第三次	0.3%	8.9%	1.1%	0.7%	84.3%
第四次	0.6%	9.1%	1.2%	1.1%	79.7%
第五次	0.8%	7.0%	1.3%	0.7%	85.7%
最高穿透率	0.8%	9.5%	1.5%	1.2%	90.2%
平均穿透率	0.4%	8.4%	1.1%	0.9%	83.2%
↕					
紙類	綠色玻璃紙	雲彩紙	海報紙	粉彩紙	瓦楞紙
第一次	61.1%	1.7%	0.3%	0.6%	0.1%
第二次	58.7%	1.7%	0.3%	0.5%	0.1%
第三次	58.7%	1.6%	0.2%	0.6%	0.1%
第四次	58.9%	1.7%	0.2%	0.7%	0.2%
第五次	69.1%	1.6%	0.3%	0.6%	0.3%
最高穿透率	61.5%	1.7%	0.4%	0.8%	0.3%
平均穿透率	62.5%	1.66%	0.26%	0.6%	0.16%



C 綜合比較

紙類	顏色	紙類厚度	平均遮蔽率	平均穿透率	紙張質量	密度
瓦楞紙	黑	0.150cm	99.9%	0.1%	7.66 g	51.07
西卡紙	黑	0.025cm	99.6%	0.4%	8.37g	334.80
粉彩紙	黑	0.019cm	99.5%	0.5%	4.19 g	220.53
雲彩紙	黑	0.019cm	98.7%	1.3%	4.69g	246.84
海報紙	黑	0.013cm	99.8%	0.2%	3.49 g	268.46
美工紙	黑	0.013cm	99.1%	0.9%	4.10g	315.38
厚紙板	白	0.029cm	98.9%	1.1%	9.08g	313.10
白報紙	白	0.006cm	91.6%	8.4%	1.47g	245.00
玻璃紙	綠	0.005cm	37.5%	62.5%	0.87g	174.00
玻璃紙	透明	0.003cm	16.8%	83.2%	0.89g	296.67

實驗 4：測量不同高度對紫外線指數的影響

地點：高雄長谷世貿大樓頂樓(50 層)與一樓

日期：10/17

太陽仰角：61 23 度

離地高度	222m	0m
第一次	2570	1680
第二次	2680	1640
第三次	2750	1440
第四次	3190	2170
第五次	3060	2290
最高值	3280	2300
平均值	2850	1844

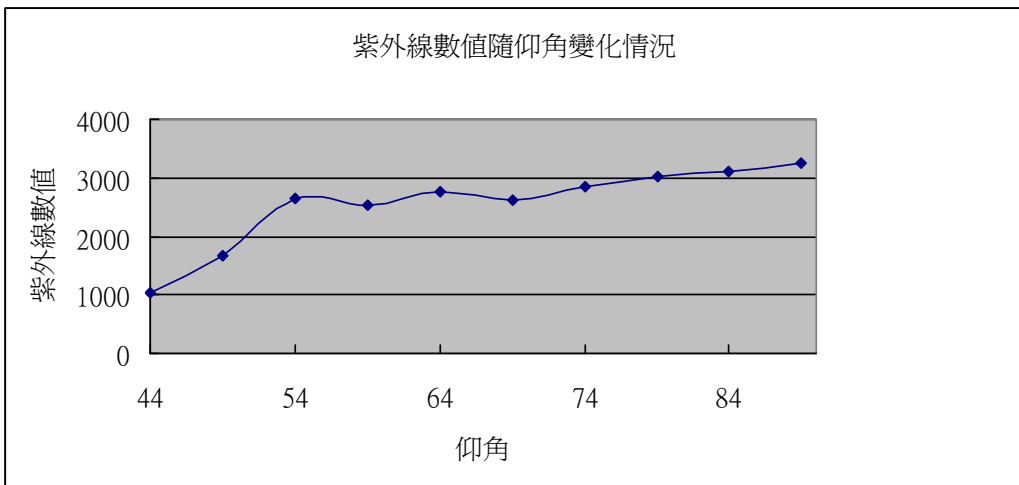
實驗 5：測量不同角度(施測盒與地面夾角)對紫外線指數的影響

地點：正興國中操場

日期：12/26

當日太陽仰角：44.80 度

盒子傾角	0度	5度	10度	15度	20度
仰角	44.89度	49.89度	54.89度	59.89度	64.89度
第一次	1030	1770	2580	2390	2860
第二次	1060	1740	2750	2570	2600
第三次	1040	1540	2620	2630	2850
平均	1043	1683	2650	2530	2770
↻					
盒子傾角	25度	30度	35度	40度	45度
仰角	69.89度	74.89度	79.89度	84.89度	89.89度
第一次	2660	2890	2980	3180	3230
第二次	2800	2830	3120	3010	3260
第三次	2440	2850	2990	3130	3270
平均	2633	2859	3030	3109	3253



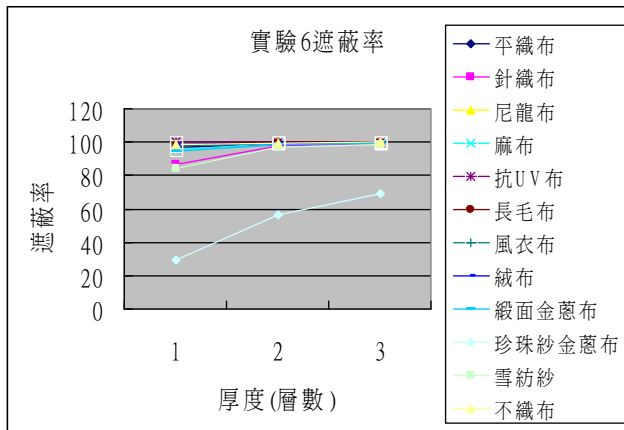
實驗 6：測量不同厚度的各種布料對紫外線的影響

地點：正興國中操場

A. 遮蔽率

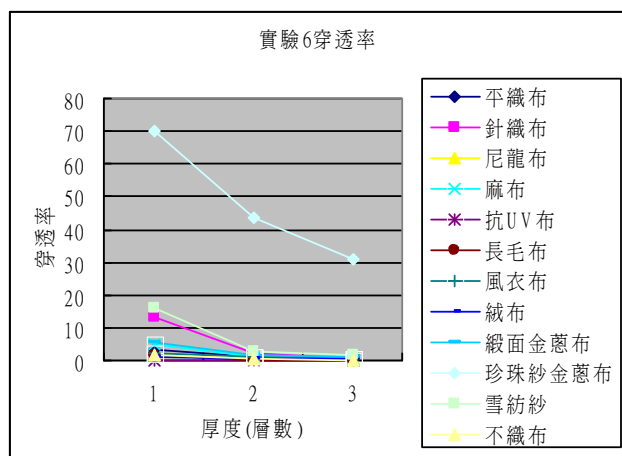
日期	6/3	5/26	5/26	5/25	5/21	5/20
背景值	3420	4380	4380	3430	5020	5580
太陽仰角	86.20	84.18	84.18	83.92	82.91	82.66
布種	平織布	針織布	尼龍布	麻布	抗 UV 布	長毛布
1 層	96.9%	86.8%	98.2%	95.3%	99.9%	98.4%
2 層	98.8%	97.8%	99.1%	99.0%	99.9%	99.9%
3 層	99.4%	99.4%	99.4%	99.2%	99.9%	99.9%

日期	5/20	5/21	6/3	5/25	5/26	5/26
背景值	5580	5020	3420	3430	4380	4380
太陽仰角	82.66	82.91	86.20	83.92	84.18	84.18
布種	風衣布	絨布	緞面金蔥布	珍珠紗金蔥布	雪紡紗	不織布
1 層	98.0%	98.8%	94.6%	29.8%	84.1%	98.2%
2 層	99.1%	99.5%	98.2%	56.4%	97.1%	99.6%
3 層	99.4%	99.7%	99.0%	69.1%	98.3%	99.8%



B. 穿透率

日期	6/3	5/26	5/26	5/25	5/21	5/20
背景值	3420	4380	4380	3430	5020	5580
太陽仰角	86.20	84.18	84.18	83.92	82.91	82.66
布種	平織布	針織布	尼龍布	麻布	抗UV布	長毛布
1層	3.1%	13.2%	1.8%	4.7%	0.1%	1.6%
2層	1.2%	2.2%	0.9%	1.0%	0.1%	0.1%
3層	0.6%	0.6%	0.6%	0.8%	0.1%	0.1%
↕						
日期	5/20	5/21	6/3	5/25	5/26	5/26
背景值	5580	5020	3420	3430	4380	4380
太陽仰角	82.66	82.91	86.20	83.92	84.18	84.18
布種	風衣布	絨布	緞面金蔥布	珍珠紗金蔥布	雪紡紗	不織布
1層	2.0%	1.2%	5.4%	70.2%	15.9%	1.8%
2層	0.9%	0.5%	1.8%	43.6%	2.9%	0.4%
3層	0.6%	0.3%	1.0%	30.9%	1.7%	0.2%



C 比較 1 層厚度至 3 層厚度的差異

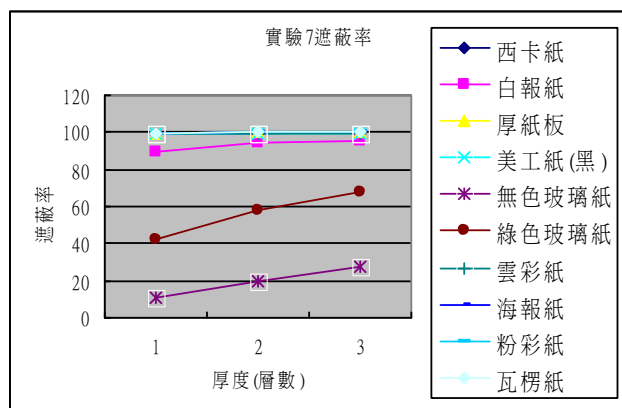
布料層數	結果圖	說明
1 層	<p style="text-align: center;">1層布料遮蔽效果</p> <p style="text-align: center;">布種</p>	<p>可由圖中看出，針織布、雪紡紗以及珍珠紗金蔥布遮蔽效果低於 90%。</p>
2 層	<p style="text-align: center;">2層布料遮蔽效果</p> <p style="text-align: center;">布種</p>	<p>此時只剩珍珠紗金蔥布遮蔽率低於 90%。</p>
3 層	<p style="text-align: center;">3層布料遮蔽效果</p> <p style="text-align: center;">布種</p>	<p>此時仍屬珍珠紗金蔥布遮蔽率低於 90%。</p>

實驗 7：測量不同厚度的各種紙類對紫外線的影響

地點：正興國中操場

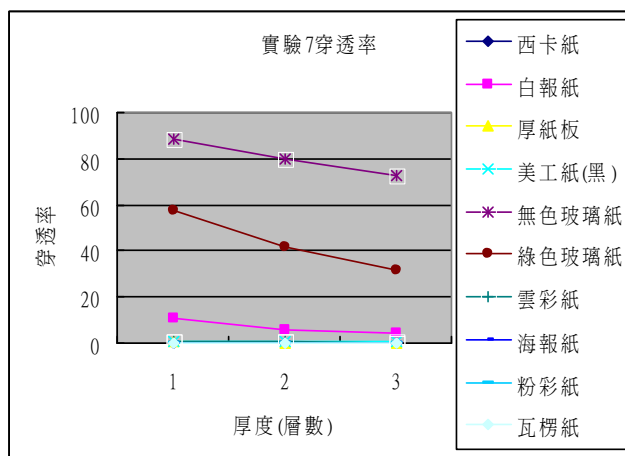
A. 遮蔽率

日期	6/6	6/9	6/8	6/6	6/9
背景值	4130	4640	2540	4130	4640
太陽仰角	86.96°	87.72°	87.46°	86.96°	87.72°
紙類	西卡紙	白報紙	厚紙板	美工紙(黑)	無色玻璃紙
1 層	99.8%	89.5%	99.6%	99.1%	11.3%
2 層	99.8%	94.6%	99.9%	99.5%	20.1%
3 層	99.9%	95.9%	99.9%	99.6%	27.3%
↕					
日期	6/6	6/8	6/8	6/6	6/6
背景值	4130	2540	2540	4130	4130
太陽仰角	86.96°	87.46°	87.46°	86.96°	86.96°
紙類	綠色玻璃紙	雲彩紙	海報紙	粉彩紙	瓦楞紙
1 層	42.7%	99.0%	99.8%	99.8%	99.8%
2 層	58.3%	→ 99.3%	99.9%	99.9%	99.9%
3 層	68.3%	99.8%	99.9%	99.9%	99.9%



B. 穿透率

日期	6/6	6/9	6/8	6/6	6/9
背景值	4130	4640	2540	4130	4640
太陽仰角	86.96	87.72	87.46	86.96	87.72
紙類	西卡紙	白報紙	厚紙板	美工紙(黑)	無色玻璃紙
1 層	0.2%	10.5%	0.4%	0.9%	88.7%
2 層	0.2%	5.4%	0.1%	0.5%	79.9%
3 層	0.1%	4.1%	0.1%	0.4%	72.7%
↻					
日期	6/6	6/8	6/8	6/6	6/6
背景值	4130	2540	2540	4130	4130
太陽仰角	86.96	87.46	87.46	86.96	86.96
紙類	綠色玻璃紙	雲彩紙	海報紙	粉彩紙	瓦楞紙
1 層	57.3%	1.0%	0.2%	0.2%	0.2%
2 層	41.7%	0.7%	0.1%	0.1%	0.1%
3 層	31.7%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%



陸、討論

1. 依據實驗(1)結果可以得知抗 UV 布，幾乎可全面遮擋 UV，使其值降至 1 或 2；而以棉布織法來說，平織布比針織布能擋住多 9.3% 的紫外線；尼龍布、不織布、珍珠紗金蔥布遮擋效果較差，穿透率分別為 2.1%、4.2%、6.8%；麻布、風衣布、絨布、緞面金蔥布、雪紡紗遮擋效果差不多，穿透率分別為 1.4%、1.6%、1.2%、1.4%、1.4%；長毛布效果較好，穿透率為 0.8%。
2. 依實驗(2)而言，藍色不織布與黑色不織布效果較佳，可遮擋約 95.1% 的紫外線；紅色則和白色差不多；黃色及綠色效果最差。
3. 依實驗(3)來說，西卡紙、美工紙、海報紙、粉彩紙、瓦楞紙的遮蔽效果較好，遮蔽率分別為 99.6%、99.1%、99.8%、99.5%、99.9%；白報紙、厚紙板、雲

彩紙遮擋效果次之，遮蔽率分別為 91.6%、98.9%、98.7%；玻璃紙的遮擋效果最差，無色及綠色的遮蔽率分別為 83.2%、62.5%。

- 4.依實驗(4)來說，在 222m 高度上的紫外線數值大約是地面上的 1.24 倍。
- 5.依實驗(5)來說，依照圖中的趨勢大略可以看出，太陽仰角越大時，紫外線數值越大。因高雄市在冬至時太陽仰角為 44 度(高雄市緯度取平均值 22.5 度)，在實驗當日(12/26)，可以計算出理論上的太陽仰角為 44.89 度，因此盒蓋掀起至 45.11 度，即太陽仰角 89.89 度時，光度計最接近被太陽直射的狀態，因此測得的紫外線數值在所有角度中最大(如下圖)。

上圖中角 1= 44.89 度，所以角 2 = 45.11 度時，太陽即直射盒蓋與光度計。

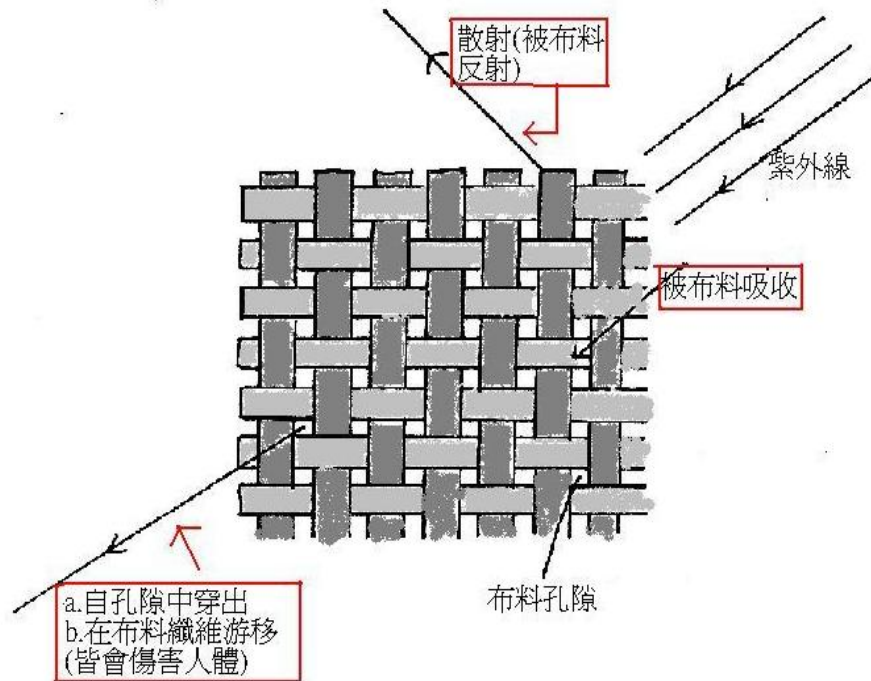
- 6.依實驗(6)來說，厚度為兩層時，除了珍珠紗金蔥布以外，其餘布種穿透率皆低於 3%；厚度為三層時，除了珍珠紗金蔥布及雪紡紗外的其餘布料均只穿透不到 1%的紫外線。
- 7.依實驗(7)來說，厚度為兩層時，除了無色及綠色玻璃紙，剩餘紙類遮蔽率都達 94%以上，其中以白報紙略低，只有 94.6%，而無色玻璃紙的遮蔽率又較綠色玻璃紙低；厚度為三層時，除了無色和綠色玻璃紙外，其餘紙類遮蔽率均在 99.5%以上，其中以白報紙效果略差，遮蔽率為 95.9%，無色玻璃紙仍較綠色玻璃紙低許多。

柒、結論

在進一步說明實驗結論之前，我們查詢了紫外線與紡織布料關係的相關文獻，由 JA IC 期刊中的文獻裡我們得知，紫外線碰觸布料後會出現以下情形(如圖二)：

- A 穿透：指紫外線會影響布料下物體(皮膚)的部份，包含直接從布料孔隙中穿透的 a，以及在布料纖維中傳遞的 b，本實驗的穿透率即屬這個部份。
- B 散射：由於布料纖維材質或織法導致布料表層平滑程度不同，會產生散射現象，布料不同時散射程度亦不相同。

C 吸收：被布料纖維吸收的部份，布料不同時吸收效果不同。



圖二

接下來依據上圖說明分別討論以下 7 項實驗結果：

實驗 1：同為黑色的不同布類材質對紫外線的遮蔽效果

由實驗結果可得知，這 12 種常見的衣物布料中，除珍珠紗、針織布及雪紡紗外，其餘布料絕大多數遮蔽率皆可以達到 95% 以上。因此可知，室外活動時，只要以實驗中其餘 9 種布料的衣物遮蔽皮膚，大多可達到不錯的效果。而 9 種布料中效果較佳者為抗 UV 布，此因其外層的銀色塗料使其具有不透光及散射光波的能力。

至於珍珠紗金蔥布、雪紡紗及針織布的部份，可以由參考文獻得知，針織布織法較一般布料的平織織法鬆散，導致其孔隙較大，遮蔽效果差。我們亦使用電子顯微鏡拍攝布料孔隙，除針織布因厚度無法透光，從珍珠紗及雪紡紗拍攝的結果比較，可驗證孔隙大的珍珠紗遮蔽效果較雪紡紗差(見實驗結果圖)。

實驗 2：不同顏色的不織布對紫外線的遮蔽效果

在本實驗中選用了同材質但不同顏色的布料，即不織布。由於布料種類相同，因此可以假設其纖維間的孔隙大小相同。並將紫外線接觸布料後的過程，寫為下列公式：

$$\text{紫外線總量}(I_t) = I_a(\text{從孔隙中穿出者}) + I_b(\text{在布料纖維中傳遞者}) + I_B(\text{散射}) + I_C(\text{吸收})$$

由前述假設，上式中的 I_t 、 I_a 以及 I_b 在不同顏色不織布中應為相同數值，而物體表面散射又與物體表面材質相關，而本實驗中為同種類不織布的表面，故 I_B 也應為相同數值，由此推測，可能是染料造成纖維的吸收率差異。而以實驗結果而論，黑色染料的遮蔽效果最佳，黃色染料及綠色染料的效果最差。

因此，想要在戶外活動而避免紫外線能量傷害皮膚，可優先考慮穿著藍色及黑色衣物。

實驗 3：不同紙類材質對於紫外線的遮蔽效果

在實驗之前，我們假設紙張越厚，或密度越大時，遮蔽紫外線的效果應該會越好。但由實驗結果卻發現，整體而言，12 種紙類當中就有 3 種紙類並不屬於這種情況，因此並無法確定紙張厚度與遮蔽效果為正比關係，但厚度最厚的瓦楞紙遮蔽效果最佳，厚度最薄的透明玻璃紙遮蔽效果最差。所以如果想以紙類遮蔽紫外線，挑瓦楞紙即可擋住 99.9% 的紫外線。

若依紙類顏色討論，六種黑色紙類遮蔽效果皆可以達到 98.7% 以上，顯示黑色紙張的紫外線遮蔽效果佳，與布料顏色實驗的實驗三結果雷同。而其餘的白報紙、綠色或透明色的玻璃紙類大多低於 90%，其中只有厚紙板及白報紙仍可維持 90% 以上的遮蔽率。而由於紙種的樣本數較少，因此只能說明在本實驗結果中，非黑色的紙類部份，是紙張越厚遮蔽效果越好。

綜合以上的想法，我們了解想要用紙張遮擋紫外線，瓦楞紙為最佳選擇，挑黑色的紙也是較有效果的。另外，如果想知道紙張厚度與紫外線的關係是否成正比，可能需要進一步實驗增加測量更多紙類樣本才能有明確的結論。

實驗 4：不同高度對紫外線指數的影響

一年級自然與生活科技課本與裡談到，隨著海拔高度的增加，由於大氣濃度越稀薄，對紫外線的吸收亦相對減少，紫外線量因此增加。在本實驗中可看出 50 層樓頂之紫外線指數較地面指數高，經過計算之後可以發現，離地兩百公尺內的增加率為：每上升 100 公尺增加 24.5%。

以中央氣象局網站之 2009 年 1 月份紫外線觀測資料為例，選擇緯度相近的玉山及嘉義地區之觀測資料，作為比較，如下表。

日期	玉山	嘉義								
1 日	8	4		11 日	9	4		21 日	9	4
2 日	8	4		12 日	9	4		22 日	9	4
3 日	9	4		13 日	8	4		23 日	10	2
4 日	3	2		14 日	8	4		24 日	7	3
5 日	8	4		15 日	9	4		25 日	8	4
6 日	8	4		16 日	9	4		26 日	8	4
7 日	8	4		17 日	9	4		27 日	8	4
8 日	8	3		18 日	8	4		28 日	10	4
9 日	8	3		19 日	9	4		29 日	10	5
10 日	8	4		20 日	9	4		30 日	7	3
								31 日	11	5

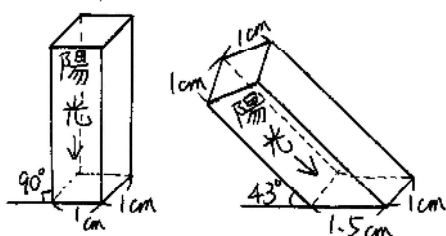
由表中可看出地面的紫外線指數約為高空的 50%，由此可約略算出紫外線隨

高度遞減率約為：每上升 100 公尺增加 1.3%。(玉山測站海拔為 3850 公尺，嘉義測站海拔為 26.915 公尺)。

比較之下可以看出我們所測量出來的遞減率遠高於玉山與嘉義因高度變化的遞減率。這可能是因為都市地區地面空氣污染較嚴重(如：臭氧氣體及二氧化碳等氣體等)，前述氣體分子會折射及散射紫外線，因此我們依實驗 4 計算出來的紫外線遞減率才會如此明顯。

實驗 5：不同角度對紫外線指數的影響

由實驗結果可知，在盒子傾角接近 45 度時(參考前述實驗裝置圖)，太陽光最接近直射儀器的狀態，此時陽光所籠罩的面積較小，因此單位面積所能分到的能量較多，而陽光斜射時，所籠罩的面積較大，因此單位面積所能分到的能量較少。因此，在室外活動時，避免被陽光直射也是降低紫外線曝曬量的方法。(如圖三)



圖三

實驗 6：不同厚度的各種布料對紫外線的影響

布料的厚度(層數)可影響紫外線的遮蔽效果，厚度的增加使得布料縫隙隨之減少。抗 UV 布有一層銀色化學塗料，因此其厚度影響小，其餘布料在厚度增加之後，遮蔽紫外線的效果皆有明顯的增加。

因此，如果在戶外想要避免紫外線的傷害，除了珍珠紗金蔥布以外，其餘布料只要有兩層以上，就可達到不錯的效果。

實驗 7：不同厚度的各種紙類對紫外線的影響

從實驗可知，紙類的厚度(層數)會影響紫外線的遮蔽效果。白報紙、無色及綠色玻璃紙之類的非黑色紙類，遮蔽率較差，層數之間的差別較明顯，但三層時白報紙就與其餘紙類的效果差不多。黑色紙類的部分，雲彩紙和美工紙在一層與兩層時的遮蔽率較其他紙類略差，但隨著厚度愈來愈大，遮蔽率也增大，和其餘布類的差別就因此而漸小。

總結：

由我們做的幾個實驗，可以歸納下列幾點，提供愛美人士參考：

(1)不同色衣服紫外線穿透率不同(實驗 2)，且布料織法越密越厚阻擋效果越好(實

- 驗 1) 。 黑衣最佳，綠比白色更差，建議少穿和撐白、綠色的衣服和傘。
- (2)紫外線量會隨高度(實驗 4)及太陽仰角(實驗 5)而不同。受日照角 度影響，近赤道區或高度越高紫外線量也越高，到高山上遊玩更要加強防曬。同時更應儘量避免陽光直射。
- (3)布料的厚度可影響紫外線的遮蔽效果，(實驗 6)的結果證明，市售的布料均有不錯抗紫外線效果，大部分的布料只要有兩層以上，就可達到不錯阻隔效果，並不一定需要有多厚。

捌、參考文獻

1. JA IC、第 39 期刊、第三卷、第三篇

(網址 <http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic29-03-003.htm>)

2. 中華民國第四十八屆中小學小學科學展覽會作品說明書

3. 香港天文台紫外線指數預測 <http://www.hko.gov.hk/wxinfo/uvfcst/uvfcstc.htm>

4. 壹蘋果健康網-最新熱話-小心防曬漏洞 (網址

http://health.atnext.com/index.php?fuseaction=ArticleListArticle&sec_id=6349040&iss_id=20070702&art_id=7278372)

5. 中國台灣網(高雄市緯度)

http://big5.chinataiwan.org/tw/rw/k/tw/dq/xg/jg/200601/t20060110_605.htm

玖、附錄

1. 布料照片

(1) 平織布



(2) 針織布



(3) 尼龍布



(4) 緞面金蔥布



(5)珍珠紗金蔥布



(6)雪紡紗



(7)麻布



(8)抗UV布



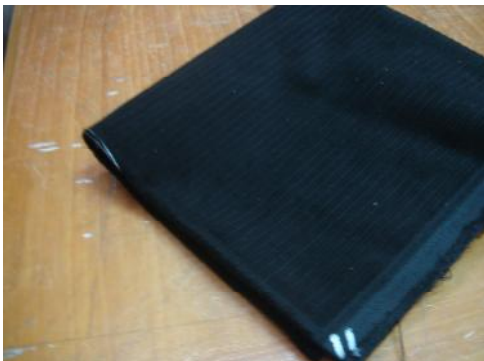
(9)長毛布



(10)風衣布



(11)絨布



(12)所有布料



(13)各色不織布



2.紙類照片

(1)西卡紙



(2)白報紙



(3)厚紙板



(4)美工紙(黑)



(5)無色玻璃紙



(6)綠色玻璃紙



(7)雲彩紙



(8)海報紙



(9)粉彩紙



(10)瓦楞紙



(11)所有紙類



【評語】 030505

優點：對於陽光 UV 之遮蔽效果在日常生活上相當具有實用性。

缺點：檢測之材料主要為紙類與不織布，市面上已有許多類似報告。

建議改進事項：建議利用顯微鏡分析不同織法對抗 UV 的程度。