111 年度高級中等學校綠色化學創意競賽
成果報告書

組別（編號）：　技術型　型高級中等學校組（　0030　）

作品名稱：普魯士「藍」截紫外線

關鍵詞：普魯士藍、紫外線、抗 UV

目錄

壹、研究動機.....1

貳、研究目的.....1

參、研究設備及器材.....2

肆、研究過程或方法.....3

伍、研究結果.....5

陸、討論.....15

柒、結論.....17

捌、參考資料及其他.....18

圖目錄

圖一、實驗所需器材 2

圖二、指外線 UV-A 指數器 2

圖三、分光光度計 2

圖四、感光液變色前 3

圖五、感光液變色後 3

圖六、三種防曬用量、空白試樣日曬 4

圖七、感光液對感光液日曬前.....4

圖八、感光液對感光液日曬後.....4

圖九、玻璃紙對感光液、空白試驗進行日晒.....5

圖十、感光溶液吸光值圖.....7

圖十一、相機濾光片及裝盛容器透光度.....8

圖十二、三種防晒乳用量遮蔽紫外線的效果.....9

圖十三、感光液遮蔽紫外線的效果 10

圖十四、透光有色玻璃紙遮蔽紫外線的效果.....11

圖十五、透光有色玻璃紙在 200-500nm 穿透度情形.....11

圖十六、實驗藥品容器遮蔽紫外線的效果.....12

圖十七、相機濾鏡與遮光試劑遮蔽紫外線效果 13

圖十八、不同布料遮蔽紫外線效應.....14

表目錄

表一、實驗器材和藥品.....2

表二、第一次配製感光液.....6

表三、第二次配製感光液.....6

表四、第三次配製感光液.....6

表五、第四次配製感光液.....7

表六、防晒乳用量遮蔽紫外線的效果（紫外線指數：過量級）.....8

表七、感光液(檸檬酸鐵銨+赤血鹽)遮蔽紫外線的效果（紫外線指數：過量級）

.....9

表八、透光有色玻璃紙遮蔽紫外線的效果（紫外線指數：危險級）.....10

表九、實驗藥品容器遮蔽紫外線的效果（紫外線指數：過量級）.....11

表十、相機濾鏡與遮光試劑遮蔽紫外線的效果（紫外線指數：危險級）.....11

表十一、不同布料遮蔽紫外線的效應（紫外線指數：危險級）.....14

摘要

利用鐵氰化鉀以及檸檬酸鐵銨混和溶液照射紫外線後生成鐵氰化亞鐵 （普魯士藍），使溶液呈現藍色。生成普魯士藍的速率會隨著紫外線的強 度而改變，紫外線越強，反應速率越快，紫外線越弱，反應速率越慢。從 實驗中發現防晒乳的用量明顯影響阻擋紫外線的效果，感光液在變色前的 黃色及變色後的藍色皆有阻擋紫外線之功能玻璃紙具有抗紫外線的能力，且綠色玻璃紙抗紫外線能力較好；藍色玻璃紙抗紫外線效果最差。一般市 售的雨傘與號稱具有抗紫外線功能的 UV 傘在遮蔽紫外線的效應是差不多 的。棕色玻璃瓶能有效阻擋紫外線避免盛裝藥品進行光化學反應，儲存忌 光的試劑時應正確使用棕色的血清瓶，可避免因紫外線照射產生側反應而 有效的延長試劑溶液儲放的時間。

壹、研究動機

在化學實習課程中介紹藍晒反應實驗，利用檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀（赤 血鹽）混合形成感光溶液，並在陽光中的紫外線催化下反應為普魯士藍， 形成一幅幅復古又具藝術感的氰版藍晒圖；這反應必需要在紫外線環境中 才能正常完成。根據研究顯示紫外線會使皮膚變黑、加速皮膚老化催生皺 紋，更是導致皮膚癌及白內障的主要原因之一，因此絕對不可以輕視過度 紫外線曝晒可能引致的傷害。 所以我們運用藍晒反應需要紫外線催化的 化學原理，來檢測日常生活中防紫外線產品的遮蔽效率，期望能找出簡單 而又有效的方法攔截紫外線，遠離紫外線，避免陽光中的紫外線對我們人 體產生的傷害。

貳、研究目的

一、認識紫外線特性及藍晒反應的化學原理。

二、利用藍晒反應與紫外線的關係尋找簡單又有效防制紫外線的方法。

參、研究設備及器材

實驗藥品	實驗儀器	器材與相關零件
1.檸檬酸鐵銨 2.鐵氰化鉀 3.純水 4.防晒乳（BioreSPF50+PA++++）	1.分光光度計 2.四位數天平 3.紫外線指數器（UV-340A 4.DR6000 紫外線可見光譜儀	1.有蓋試管 2.試管架 3.燒杯、鋼杯 4.100mL 定量瓶 5.玻璃培養皿 6.棕色血清瓶 7.透明血清瓶 8.液移器、滴管 9.抗 UV 遮陽傘 10.玻璃紙、濾光片 11.不織布、紗布、黑 T、純棉布、白襯衫

表一、實驗器材和藥品



圖一、實驗所需器材



圖二、指外線 UV-A 指數器



圖三、分光光度計

肆、研究過程或方法

一、實驗步驟

（一）藍晒反應感光液配製

1.精秤檸檬酸鐵銨 0.1400g，加水溶解配至 100ml，配成檸檬酸鐵銨溶液。

2.精秤鐵氰化鉀 0.1616g，加水溶解配至 100ml，配成鐵氰化鉀溶液。

3.使用球形吸量管各取 10ml 檸檬酸鐵銨溶液及鐵氰化鉀溶液，放入容器中混合均勻。

4.將感光液放至陽光下進行日晒，晒至感光液出現普魯士藍沉澱，且不會再變色。



圖四、感光液變色前



圖五、感光液變色後

（二）感光溶液及裝盛藥品容器的吸收與穿透情況之實驗

1.將配置之檸檬酸鐵銨、赤血鹽及混合溶液，測量在波長 200~500nm 吸收度。

2.測量玻璃比色管、玻璃培養皿容器、相機濾光片，在波長 200~500nm 穿透度。

3.選用適當之物品做為遮光濾光之光罩，進行藍晒反應探討。

（三）三種防晒乳用量遮蔽紫外線的效應

1.精秤 0.6 克、0.18 克、0.54 克防晒乳，溶於 95%酒精中並倒進透明玻璃培養皿

2.取 20ml 95%酒精，倒進透明玻璃培養皿，空白樣品

3.另外用液移器吸取配置好的感光液 4mL 至比色管中，用封口膜封口

4.把裝有感光液的比色管放至鋼杯裡

5.把步驟 1 的培養皿放至步驟 4 的鋼杯上，日晒 60 分鐘，每 10 分鐘測量吸光度



圖六、三種防晒乳用量、空白試驗日晒

（四）感光液(檸檬酸鐵銨+赤血鹽)遮蔽紫外線的效應

1.取 20mL 感光液，倒進透明玻璃培養皿中

2.另外用液移器吸取配置好的感光液 4mL 至比色瓶中，用封口膜封口

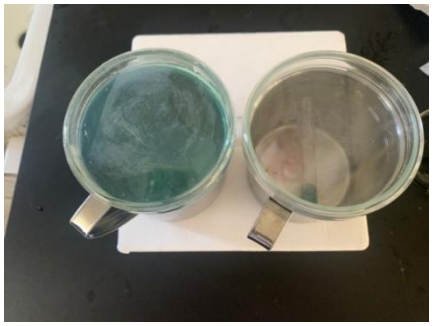
3.把裝有感光液的比色管放至鋼杯裡

4.把裝有感光液的培養皿以及沒有承裝任何東西的培養皿（空白樣品）放至步驟 3 的鋼杯上，日晒 60 分鐘

5.每 10 分鐘為單位測一次吸光度



圖七、感光液對感光液日晒前



圖八、感光液對感光液日晒後

（五）透光有色玻璃紙遮蔽紫外線的效應

1.用液移器吸取配置好的感光液 4mL 至比色瓶中，用封口膜封口

2.把裝有感光液的比色瓶放至秤量瓶中(斜放)，再放至鋼杯裡

3.分別利用紅、藍、綠四種顏色的玻璃紙以橡皮筋固定套在鋼杯上

4.每 10 分鐘為單位測一次吸光度



圖九、玻璃紙對感光液、空白試驗進行日晒

（六）實驗藥品容器遮蔽紫外線的效應

1.用液移器吸取配置好的感光液 4mL 至比色瓶中，用封口膜封口

2.把裝有感光液的比色瓶放至鋼杯裡

3.分別將感光液放入透明血清瓶和棕色血清瓶中進行日晒

4.每 5 分鐘為單位測一次吸光度

（七）不同布料遮蔽紫外線的效應

1.用液移器吸取配置好的感光液 4mL 至比色瓶中

2.把裝有感光液的比色瓶放至鋼杯裡

3.分別將紗布、純棉布、黑 T、運動服（白）、襯衫（白）、不織布，固定套在鋼杯上，進行日晒 60 分鐘

4.每 10 分鐘為單位測一次吸光度

伍、研究結果

一、藍晒反應感光液配製

（一）經過多次實驗，我們找出檸檬酸鐵銨 0.1400 克和鐵氰化鉀 0.1616 克，分別配製成 100mL 混合時，經過陽光曝晒 20 分鐘後顏色轉呈藍色且不會形成綠色的溶液，因此我們利用這個濃度來操作之後的實驗，相關溶液配置的數據如下：

藥品	劑量（g）	配置體積（ml）	濃度（M）	照片
檸檬酸鐵銨	2.00	500	0.0143	
鐵氰化鉀	1.00	500	0.0061	

表二、第一次配製感光液

藥品	劑量（g）	配置體積（ml）	濃度（M）	照片
檸檬酸鐵銨	2.50	500	0.0179	
鐵氰化鉀	1.00	500	0.0061	

表三、第二次配製感光液

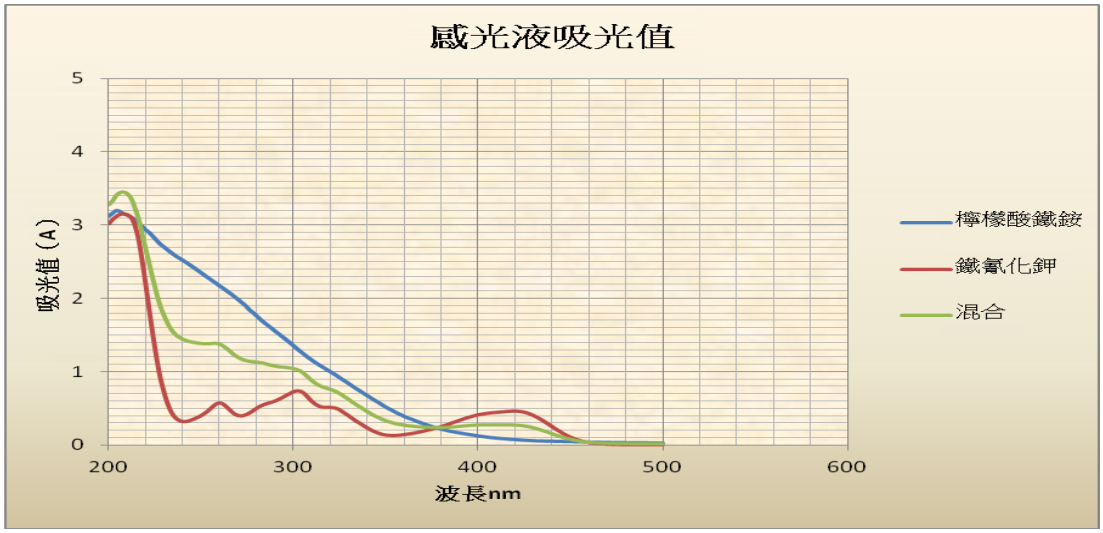
藥品	劑量（g）	配置體積（ml）	濃度（M）	照片
檸檬酸鐵銨	1.4000	500	0.0100	
鐵氰化鉀	1.6462	500	0.0100	

表四、第三次配製感光液

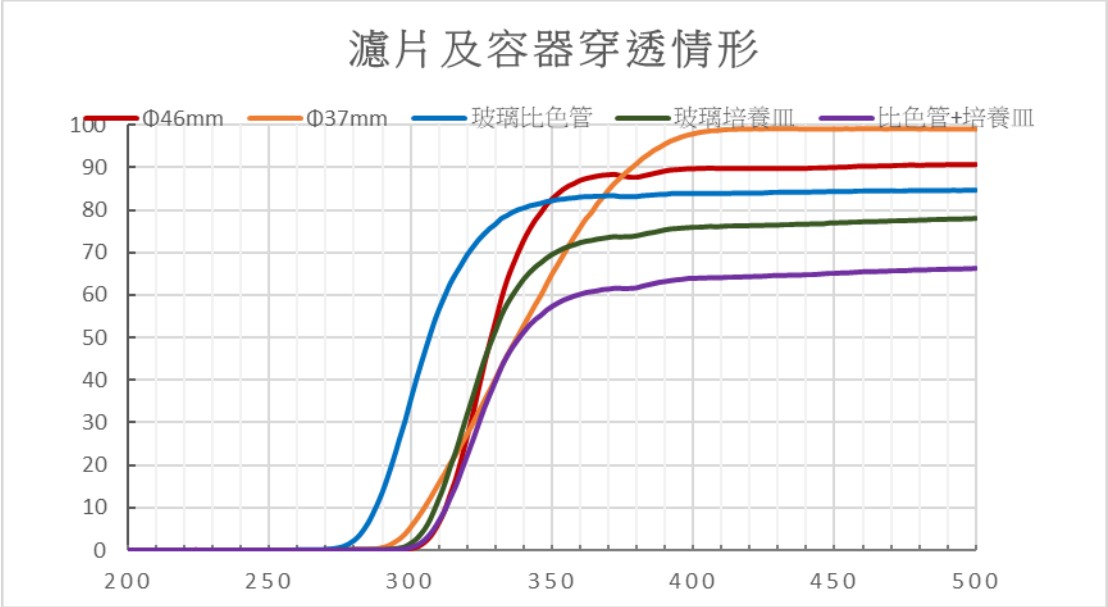
藥品	劑量（g）	配置體積（ml）	濃度（M）	照片
檸檬酸鐵銨	0.1400	100	0.005	
鐵氰化鉀	0.1616	100	0.005	

表五、第四次配製感光液

二、感光溶液及裝盛藥品容器的吸收與穿透情況實驗結果



圖十、感光溶液吸光值圖



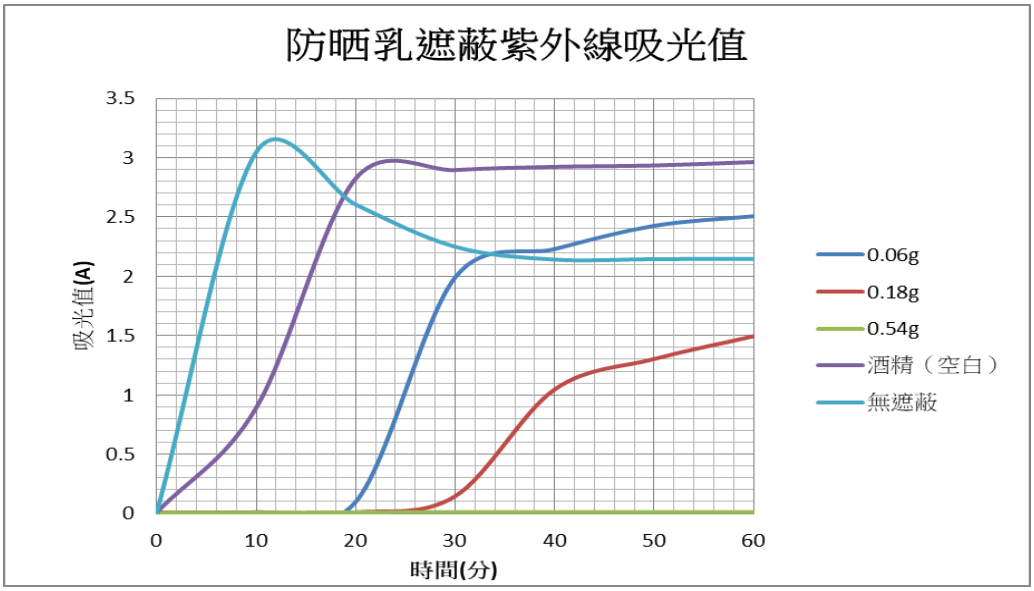
圖十一、相機濾光片及裝盛容器透光度

三、防晒乳劑量抑制藍晒反應(遮蔽紫外線)的實驗結果

項目 700nm abs 時間	防晒乳 0.06g	防晒乳 0.18g	防晒乳 0.54g	空白 (酒精)	無遮蔽
0 分鐘	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
10 分鐘	0.012	0.009	0.008	0.892	3.047
20 分鐘	0.099	0.011	0.010	2.825	2.605
30 分鐘	1.992	0.147	0.013	2.896	2.249
40 分鐘	2.230	1.047	0.011	2.923	2.141
50 分鐘	2.426	1.303	0.011	2.934	2.145
60 分鐘	2.507	1.495	0.013	2.963	2.147
遮蔽率	15.4%	49.7%	99.9%	0.0%	----

表六、防晒乳用量遮蔽紫外線的效果（紫外線指數：過量級）

*遮蔽率={〔(空白 60min 吸光值-空白 0min 吸光值)- (60min 吸光值- 0min 吸光值)〕/ (空白 60min 吸光值-空白 0min 吸光值)}*100%

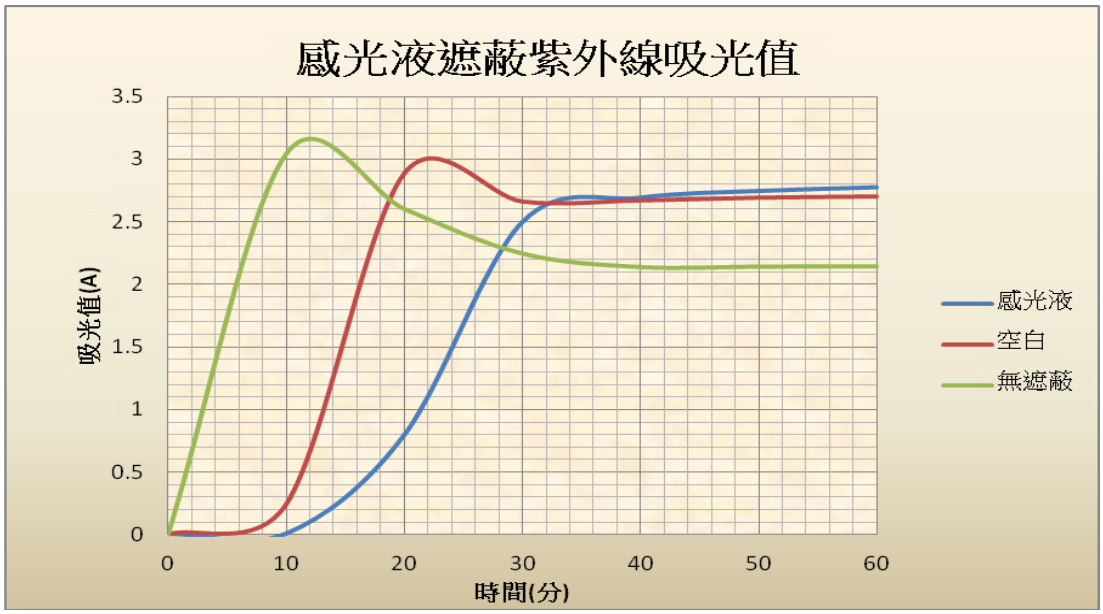


圖十二、三種防晒乳用量遮蔽紫外線的效果

四、感光液(檸檬酸鐵銨+赤血鹽)遮蔽紫外線的實驗結果

項目 700nm abs 時間	感光液 (檸檬酸鐵銨+赤血鹽)	空白	無遮蔽
0 分鐘	0.009	0.009	0.009
10 分鐘	0.010	0.249	3.047
20 分鐘	0.799	2.889	2.605
30 分鐘	2.499	2.663	2.249
40 分鐘	2.694	2.672	2.141
50 分鐘	2.747	2.694	2.145
60 分鐘	2.776	2.704	2.147
遮蔽率	-2.7%	0.0%	----

表七、感光液(檸檬酸鐵銨+赤血鹽)遮蔽紫外線的效果（紫外線指數：過量級）

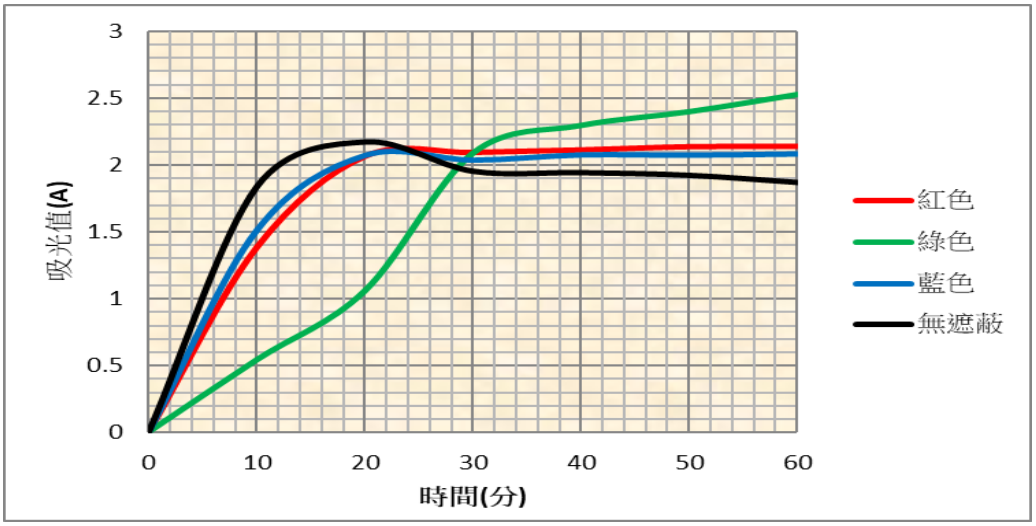


圖十三、感光液遮蔽紫外線的效果

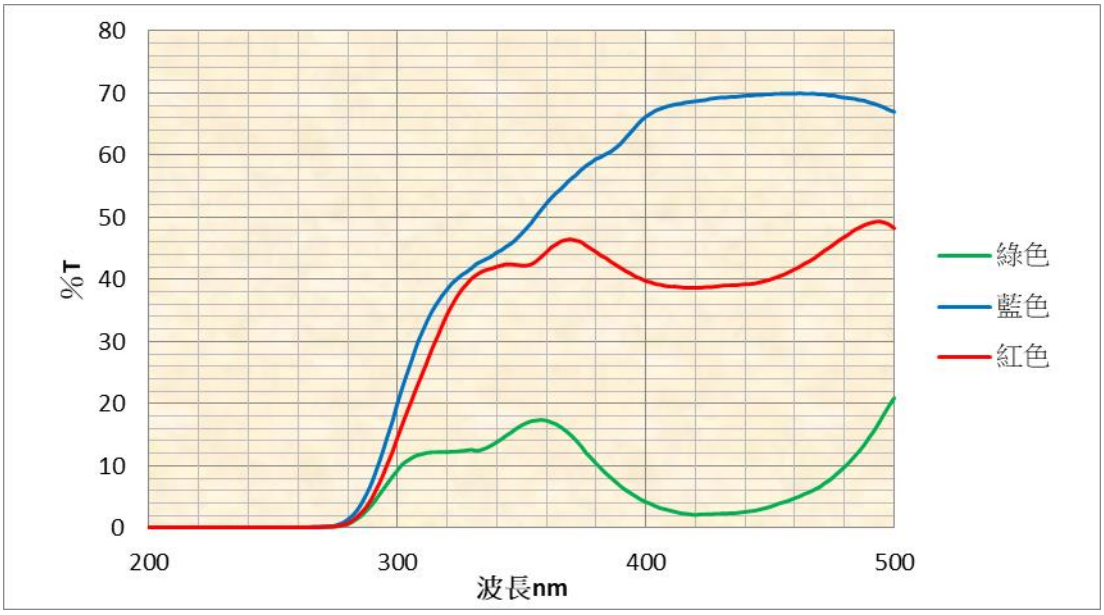
五、透光有色玻璃紙遮蔽紫外線的實驗結果

項目 700nm abs 時間	紅色	綠色	藍色	空白
0 分鐘	0.007	0.007	0.008	0.007
10 分鐘	1.387	0.546	1.514	1.838
20 分鐘	2.067	1.061	2.073	2.172
30 分鐘	2.096	2.089	2.038	1.953
40 分鐘	2.115	2.295	2.077	1.943
50 分鐘	2.139	2.398	2.075	1.923
60 分鐘	2.142	2.526	2.084	1.87
遮蔽率	11.4%	99.8%	-4.1%	0.0%

表八、透光有色玻璃紙遮蔽紫外線的效果（紫外線指數：危險級）



圖十四、透光有色玻璃紙遮蔽紫外線的效果

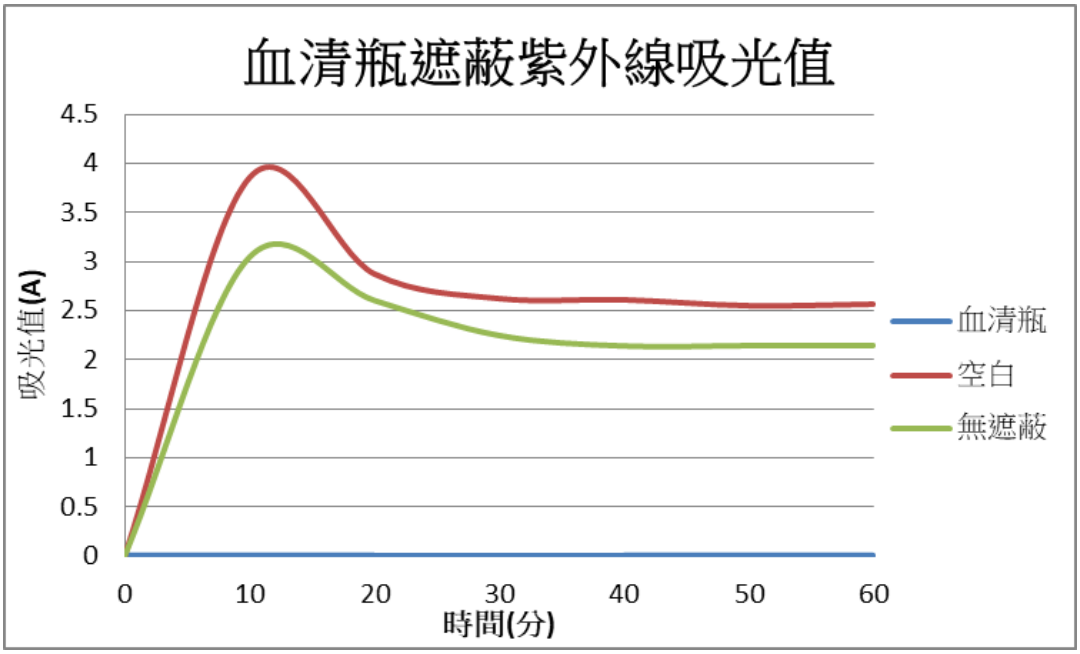


圖十五、透光有色玻璃紙在 200-500nm 穿透度情形

項目 700nm abs 時間	棕色血清瓶	透明血清瓶	無遮蔽
0 分鐘	0.008	0.009	0.009
10 分鐘	0.008	3.857	3.047
20 分鐘	0.008	2.875	2.605

30 分鐘	0.007	2.624	2.249
40 分鐘	0.008	2.612	2.141
50 分鐘	0.008	2.552	2.145
60 分鐘	0.009	2.567	2.147
遮蔽率	100.0%	0.0%	0.0%

表九、實驗藥品容器遮蔽紫外線的效果（紫外線指數：過量級）



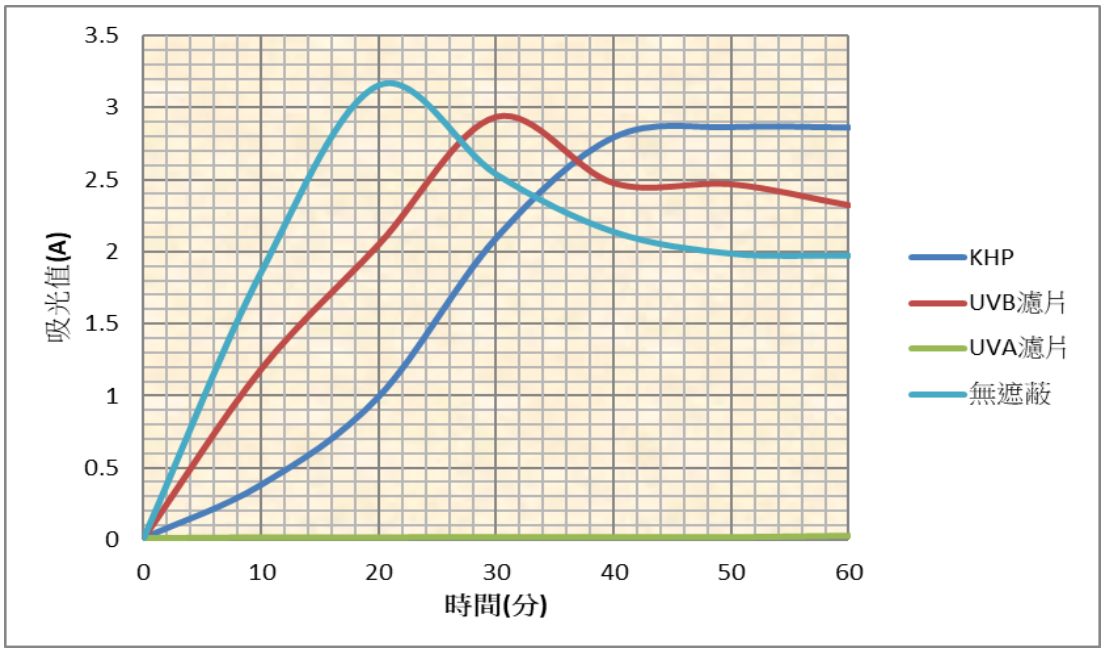
圖十六、實驗藥品容器遮蔽紫外線的效果

六、相機紫外線濾鏡及遮光試劑的實驗結果

項目 700nm abs 時間	KHP	UVB 濾片 (C315nm)	UVA 濾片 (C400nm)	空白
0 分鐘	0.009	0.01	0.01	0.01

10 分鐘	0.380	1.185	0.017	1.857
20 分鐘	0.993	2.051	0.017	3.154
30 分鐘	2.096	2.938	0.019	2.536
40 分鐘	2.796	2.477	0.018	2.136
50 分鐘	2.867	2.47	0.018	1.985
60 分鐘	2.864	2.324	0.029	1.971
遮蔽率	-45.6%	-18.0%	99.0%	0.0%

表十、相機濾鏡與遮光試劑遮蔽紫外線的效果（紫外線指數：危險級）

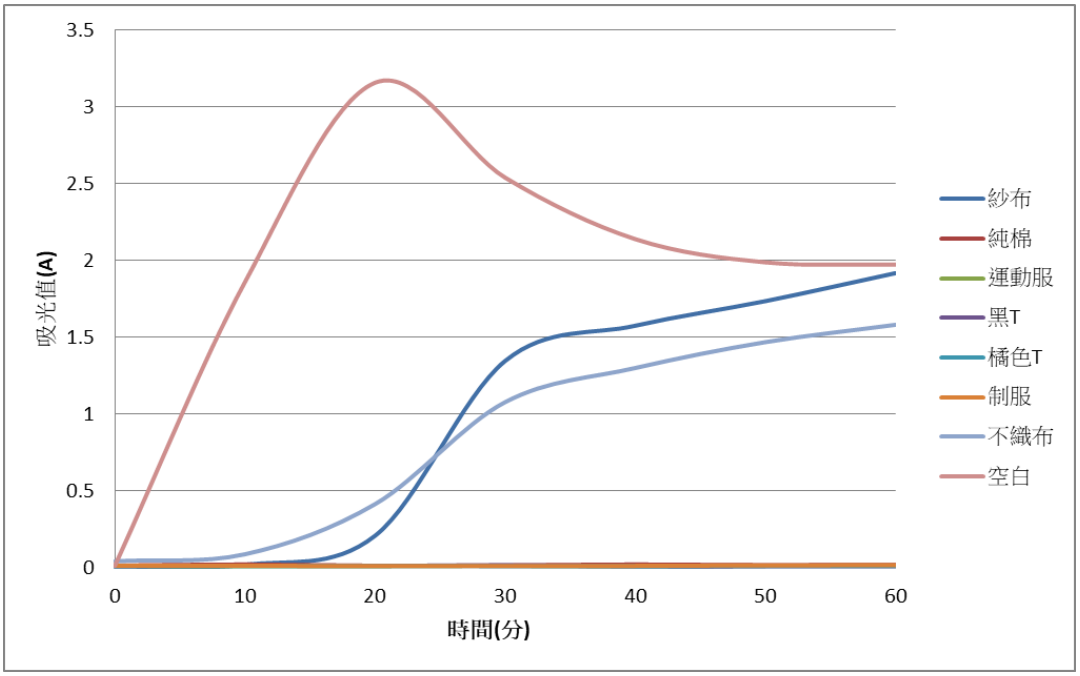


圖十七、相機濾鏡與遮光試劑遮蔽紫外線效果

七、不同布料遮蔽紫外線的實驗結果

項目 700nm abs 時間	紗布	純棉布	黑 T	運動服（白）	襯衫（白）	不織布	空白
0 分鐘	0.005	0.012	0.009	0.009	0.01	0.01	0.01
10 分鐘	0.018	0.019	0.012	0.007	0.011	0.086	1.857
20 分鐘	0.206	0.011	0.01	0.008	0.009	0.412	3.154
30 分鐘	1.344	0.013	0.014	0.011	0.009	1.076	2.536
40 分鐘	1.573	0.019	0.007	0.007	0.01	1.298	2.136
50 分鐘	1.733	0.015	0.007	0.01	0.013	1.466	1.985
60 分鐘	1.915	0.016	0.008	0.011	0.014	1.579	1.971
遮蔽率	2.6%	99.8%	100.1%	99.9%	99.8%	21.5%	0.0%

表十一、不同布料遮蔽紫外線的效應（紫外線指數：危險級）



圖十八、不同布料遮蔽紫外線的效應

陸、討論

一、感光液(檸檬酸鐵銨+赤血鹽)遮蔽紫外線的效應：

由實驗結果一可以得知，玻璃比色管與培養皿會遮斷部分紫外線 （大約 310nm 以下的 UV 光），但感光溶液（檸檬酸鐵銨+赤血鹽）放入比色管及培養皿中日晒，可以快速形成普魯士藍,另外在感光溶液前放置遮蔽的溶液或濾光片,遮斷約 320nm 及 400nm 以下的紫外線，實驗結果清楚得知，當 UVA 的紫外線（320nm-400nm）被遮斷時，檸檬酸鐵銨與赤血鹽形成普魯士藍的速率變成非常緩慢，所以可以推測紫外線中的 UVA 是促進檸檬酸鐵銨還原為檸檬酸亞鐵銨最主要的波段，這也是陽光中能穿透大氣層至地表最主要的紫外線，防晒中最難防止的紫外線；因此我們利用這個結果進行相關防晒的探討。

二、防晒乳用量遮蔽紫外線的效率：

由實驗的結果我們發現防晒乳的用量會影響遮蔽紫外線的時間，用量越多遮蔽時間就越久，下方的感光溶液變成普魯士藍的時間也變長，但如果將防晒乳液塗抹在身體肌膚上厚厚的一層，也會影響身體排汗散熱的功能，所以防晒乳應適量塗抹而且每隔一段時間必須持續補充，才能有效率且長時間的遮蔽紫外線。

三、普魯士「藍」截紫外線的效應：

實驗將檸檬酸鐵銨與赤血鹽的混合溶液放在感光液之上，在有感光液的存在下大約延緩 20 分鐘的時間，下方的感光液才快速轉變成藍色，這應該是因為檸檬酸鐵銨需要紫外線才能還原為二價鐵的型態，所以當檸檬酸鐵銨全部還原為二價鐵後，下方的感光液才開始有效率的形成普魯士藍。

四、透光有色玻璃紙遮蔽紫外線的效應：

（一）紅色玻璃紙

被包在紅色玻璃紙裡的感光液吸光值變化很大，但比空白樣品的吸光值變化要少。推測紅色玻璃紙因為顏色太淺，所以阻擋紫外線的效果不佳，但可以遮擋微量紫外線。

（二）綠色玻璃紙

被包在綠色玻璃紙裡的感光液吸光值變化不大。推測綠色玻璃紙因為顏色較深，所以紫外線較難穿透，阻擋紫外線的效果很好。

（三）藍色玻璃紙

被包在藍色玻璃紙裡的感光液吸光值變化很大，甚至比空白樣品吸光值的變化還要大。推測藍色玻璃紙本身會讓更多的紫外線穿透，或是藍色玻璃紙顏色太淺，導致阻擋紫外線的效果不佳。一般市售的玻璃紙僅能濾除 280nm 波長以下的紫外線，但綠色的玻璃紙在 280nm 至 400nm 的區段紫外光穿透的情況小於藍色及紅色的玻璃紙，所以在形成普魯士藍的效率最低，亦即遮斷紫外線能力最高，因此家中的採光罩可以建議使用綠色光罩，具有明亮的透光度，又具備遮蔽紫外線的效應。

五、實驗藥品容器遮蔽紫外線的效應：

實驗室中常使用血清瓶來儲存配置好的藥品溶液，而血清瓶有透明及棕色瓶兩種樣式，老師常說怕光的試劑需要使用棕色的血清瓶儲放，所以我們拿來實驗看看是否真的能有效避光，是遮蔽可見光還是紫外光？

（一）血清瓶

棕色血清瓶能阻擋大部分能量較高的光（大多是紫外光），而透明的血清瓶沒有阻擋紫外線的功能。

（二）感光液的盛裝

實驗時，我們將感光液裝進比色管內，再放入血清瓶內。若是直接將感光液裝入血清瓶內將會無法分辨棕色血清瓶內感光液的顏色，將感光液放入比色管內，可以讓吸光值的測量更為方便，也可以減少感光液來回吸取的誤差。我們實驗室使用的棕色血清瓶可以避免紫外線誘發藍晒反應，未來在儲存忌光的試劑時應正確使用棕色的血清瓶，可避免因紫外線照射產生側反應而有效的延長試劑溶液儲放的時間。

六、相機紫外線濾鏡及遮光試劑

在感光溶液前放置 UVA 濾光片，遮斷約 400nm 以下的紫外線，當 UVA 的紫外線被遮斷時，檸檬酸鐵銨與赤血鹽形成普魯士藍的速率變成非常緩慢，而 UVB 濾光片遮斷約 320nm 以下的紫外線，檸檬酸鐵銨與赤血鹽很快的形成普魯士藍，所以可以推測紫外線中的 UVA 是促進檸檬酸鐵銨還原為檸檬酸亞鐵銨最主要的波段。

七、不同布料遮蔽紫外線的效應

生活中衣服布料的材質各式各樣，有時為了避免晒黑而選擇穿著黑色布料的衣物。常常有人說，越深色的衣服，越能遮斷紫外線，因此我們選擇生活中常用到的布料去實驗並測吸光值。吸光值越大，代表遮蔽紫外線效果越不好。

柒、結論

一、防晒乳劑量遮蔽紫外線的效率：

防晒乳的用量會影響阻擋紫外線的效果，適量的防晒乳能有效阻擋紫外線。

二、檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀的光化學反應：

陽光紫外線中的 UVA 是促進檸檬酸鐵銨還原為檸檬酸亞鐵銨最主要的波段。

三、感光液遮蔽紫外線的效應：

檸檬酸鐵銨與赤血鹽的混合溶液在變色前的黃色及變色後的藍色皆有阻擋紫外線之功能。

四、透光有色玻璃紙遮蔽紫外線的效應：

市售有色玻璃紙皆具有一些些抗紫外線的能力，其中以綠色玻璃紙抗紫外線能力較好；藍色玻璃紙抗紫外線效果最差。因此如果要製作透光的採光罩，推薦使用綠色的採光罩。

五、實驗藥品容器遮蔽紫外線的效應

實驗儲存忌光的試劑時應正確使用棕色的血清瓶，可避免因紫外線 照射產生側反應而有效的延長試劑溶液儲放的時間。

六、感光液(檸檬酸鐵銨+赤血鹽)遮蔽紫外線的效應

紫外線中的 UVA 是促進檸檬酸鐵銨還原為檸檬酸亞鐵銨最主要的波段。

七、不同布料遮蔽紫外線的效應

紗布及不織布因為密度較大，遮蔽效果沒那麼好；黑 T 遮蔽紫外線效果最好，遮蔽率100%所以想要避免晒黑的話，可以選擇黑色的衣服或是較深色的運動服。

捌、參考資料及其他

一、影像星球（2016 年 10 月 17 日）。古典工藝-藍晒法。取自 https：

//reurl.cc/3jGWOV

二、林國賢（2017 年 8 月 10 日）。藍晒圖原理。取自 https：//reurl.cc/xOd2ab

三、大振豐洋傘（2019 年 11 月 12 日）。防晒雨傘怎麼選?掌握 3 大關鍵輕鬆挑選抗ＵＶ傘。取自 https：//reurl.cc/akQKo9

四、LightSPA（2019 年 11 月 29 日）。了解物理性與化學性防晒成分作用，選出最適合你的防晒產品。 取自 https：//reurl.cc/e6qYQx

五、中央氣象局（2022 年 04 月 11 日）。紫外線預報。取自 https://www.cwb.gov.tw/V8/C/D/UVIHistory.html

六、湯惠光（2017）。普通化學 上。台科大圖書