

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：光の滅菌術師

一、摘要：

經過近一年嚴重的新冠肺炎疫情摧殘，民間流傳運用了各式的口罩消毒法；為了找出能兼顧安全、環保、衛生與便利性的殺菌方式，我們以實驗重複驗證，試圖找出讓口罩起死回生的方法。本實驗以不同波長紫外線、不同顏色口罩與光照的時間、距離，作為四大變因，各經實驗五次後得知：紫外線 C 燈殺菌效果最佳，紫外線 A 燈居次；紫外線對黑色口罩殺菌效果最佳；照射距離越近，殺菌效果越佳。最後得到結論：以紫外線 C 燈、距離 1 公分、照射黑色口罩 60 秒殺菌，是最佳的殺菌方式。再以此殺菌方式，製作紫外線口罩殺菌盒，使用環保再生材質。平常中午用餐或其他脫下口罩的時間，可放入消毒，延長口罩使用時間，回歸環保與民生的本質。

二、探究題目與動機

2020，新冠肺炎病毒蔓延全球，口罩供不應求。口罩的大量使用與汰換，使環境負擔加劇，連帶影響生態。正好理化課學到紫外線能夠殺菌，讓我萌發測試此種殺菌方式的想法。紫外線是否真能消滅口罩上的細菌？若可，什麼樣的照射距離與時間最安全有效？口罩內外是否皆須照射？紫外線的不同波長效果如何為好？又：口罩的顏色是否會影響殺菌效果？

我們期待能藉由自己設計的實驗研究，得到較為準確的答案，並由此結論，製作可隨身攜帶的口罩滅菌裝置，如此一來，除能夠降低口罩的使用量，也能在用餐時作為口罩收納及消毒的最佳工具。

三、探究目的與假設

目的：得知波長、照射時間、口罩顏色、照射距離對紫外線殺菌口罩的影響，並歸納出最佳殺菌方法與策略，製作紫外線口罩殺菌盒

假設：在正常使用情況(一般教室內使用 8 小時，並排除淋雨、汗水、鼻涕、咳嗽等過度汙染情況)下，波長越短、照射越久、距離越短，殺菌效果越強；且紫外線照射不同顏色口罩殺菌效果：黑>粉紅>綠>藍>紫>白。

四、探究方法與驗證步驟

(一)實驗一：紫外線 C 照射不同時間的殺菌效果(實驗中使用殺菌燈波長為 250nm)

1. 準備一片使用一天的口罩，以 75%酒精擦拭剪刀消毒後(確保剪刀為無菌)，切出七片切片，以及一片未使用口罩切片
2. 將培養皿以奇異筆於底部劃分為八等分，分別培養正控制組、負控制組、照射 10、20、30、40、50、60 秒鐘 (以上共一組)

3. 將一片使用一天之未殺菌口罩切片按壓至洋菜膠培養皿，為負控制組
4. 將一片未使用過，也未殺菌口罩切片按壓至洋菜膠培養皿，為正控制組
5. 將六片使用一天的口罩切片以同距離分別照射紫外線 C 燈 10 秒、20 秒、30 秒、40 秒、50 秒、60 秒，共 6 切片，並將殺菌後的口罩切片以新拆封小棉棒(無菌)按壓至洋菜膠培養皿對應的分區
6. 靜置 48 小時觀察其細菌培養效果
7. 將分區中的雜菌落，分別以接種環移植至相異 8 個培養皿(其中接種環每移植一個菌株即過火消毒 30 秒)，移植皆畫線在培養皿四個區域
8. 靜置 24 小時後計算菌落面積百分比
9. 反覆實驗 5 次以確保實驗精確度
10. 記錄數據並討論之

(二)實驗二：紫外線 A 照射不同時間的殺菌效果(實驗中使用殺菌燈波長為 365、405nm 混合燈泡)

1. 準備一片使用一天的口罩，以 75%酒精擦拭剪刀消毒後(確保剪刀為無菌)，切出七片切片，以及一片未使用口罩切片
2. 將培養皿以奇異筆於底部劃分為八等分，分別培養正控制組、負控制組、照射 10、20、30、40、50、60 秒鐘 (以上共一組)
3. 將一片使用一天之未殺菌口罩切片按壓至洋菜膠培養皿，為負控制組
4. 將一片未使用過，也未殺菌口罩切片按壓至洋菜膠培養皿，為正控制組
5. 因紫外線 A 燈構造需求(必須直接置於桌面殺菌)，故先以 75%酒精擦拭桌面後，再行後續實驗
6. 將六片使用一天的口罩切片以同距離分別照射紫外線 A 燈 10 秒、20 秒、30 秒、40 秒、50 秒、60 秒，共 6 切片，並將殺菌後的口罩切片以新拆封小棉棒(無菌)按壓至洋菜膠培養皿對應的分區
7. 靜置 48 小時觀察其細菌培養效果
8. 將分區中的雜菌落，分別以接種環移植至相異 8 個培養皿(其中接種環每移植一個菌株及過火消毒 30 秒)，移植皆劃線在培養皿四個區域
9. 靜置 24 小時後計算菌落數目面積百分比
10. 反覆實驗 5 次以確保實驗精確度
11. 記錄數據並討論之

(三)實驗三：紫外線照射距離對口罩殺菌的影響

1. 基於實驗一、二的實驗結果，得知紫外線 C 燈殺菌效果較佳
2. 準備一片使用一天的口罩，切出七片切片，以及一片未使用口罩切片
3. 將培養皿以奇異筆於底部劃分為八等分，分別培養正控制組、負控制組(以上共一組)、照射距離 1 公分、3 公分、5 公分(以上共兩組)
4. 將一片使用一天之未殺菌口罩切片按壓至洋菜膠培養皿，為負控制組
5. 將一片未使用過，也未殺菌口罩切片按壓至洋菜膠培養皿，為正控制組
6. 將六片使用一天的口罩切片分別以 1 公分、3 公分、5 公分照射紫外線 C 燈 30 秒，並將殺菌後的口罩切片按壓至洋菜膠培養皿對應的分區
7. 靜置 48 小時觀察其細菌培養效果
8. 將分區中的雜菌落，分別移植至相異 6 個培養皿
9. 靜置 24 小時後計算菌落數目面積百分比
10. 反覆實驗 5 次以確保實驗精確度
11. 記錄數據並討論之

(四)實驗四：不同顏色口罩對紫外線殺菌效果的影響

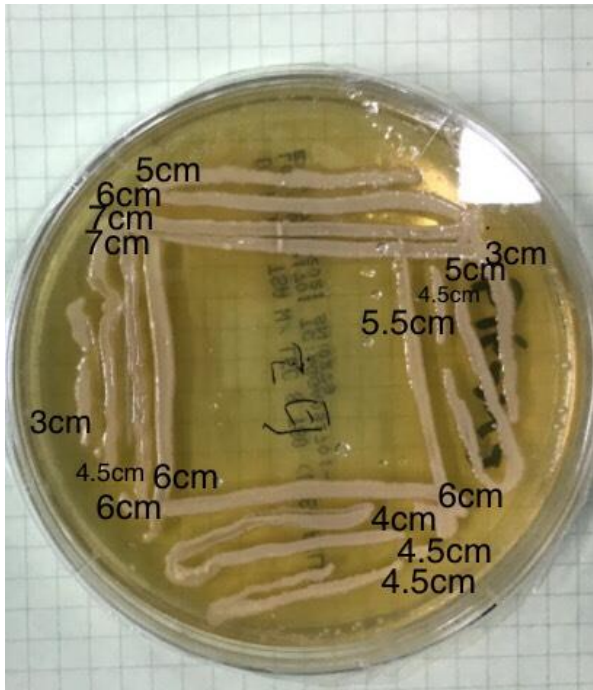
1. 基於實驗一、二、三的實驗結果，得知紫外線 C 燈殺菌效果最佳
2. 準備使用一天之紫色、藍色、粉紅色、綠色、黑色、白色口罩各一片
3. 將培養皿以奇異筆於底部劃分為八等分，分別培養正控制組、負控制組、照射後(以上共一組)
4. 將一片使用一天之未殺菌口罩切片按壓至洋菜膠培養皿，為負控制組
5. 將一片未使用過，也未殺菌口罩切片按壓至洋菜膠培養皿，為正控制組
6. 將六片使用一天的口罩切片以 1 公分距離分別照射紫外線 C 燈 30 秒，並將殺菌後的口罩切片按壓至洋菜膠培養皿對應的分區
7. 靜置 48 小時觀察其細菌培養效果
8. 將分區中的雜菌落，分別移植至相異 8 個培養皿
9. 靜置 24 小時後計算菌落數目面積百分比
10. 反覆實驗 5 次以確保實驗精確度

11. 記錄數據並討論之

(五)製作紫外線口罩殺菌盒、證明其殺菌效果

1. 完成實驗一至四，得知殺菌效果最佳的組合為紫外線 C 燈以 1 公分距離照射黑色口罩 60 秒鐘
2. 編寫程式，設定紫外線燈照射時間後植入 arduino 晶片，按下按鈕後可自動開啟照射，並於 60 秒後自動停止照射
3. 使用雷射切割木板，設定尺寸 26.3*11.6*2.9 公分
4. 將紫外線 C 燈裝入盒中，連結電路，上、下皆安裝 4 個燈泡，即完成製作
5. 以此燈照射口罩後取正中 2*2 切片，將此切片按壓至洋菜膠培養皿
6. 靜置 48 小時觀察有無菌落生長
7. 反覆實驗 5 次以加強準確度
8. 記錄數據並討論之

(六)菌落計數方式



菌落面積：

1. 培養皿面積約 64 平方公分
2. 圓周率以 3.14 計算
3. 百分比計算皆使用無條件捨去法
4. 菌落寬度約為 0.4 公分

$$(5+6+7+7+3+4.5+6+6+6+4+4.5+4.5+5.5+$$

4.5+

$$5+3) \cdot 0.4 = 81.5 \cdot 0.4 = 32.6 \text{ 平方公分}$$

$$5. \quad 32.6/64 \cdot 100\% \approx 50\%$$

此圖菌落百分比約為 50%

(七)紫外線口罩殺菌盒程式碼(arduino)

```
1 volatile int state = 0; //讓程式碼歸零，並燒入面板
2
3 void setup()
4 {
5   for (int i = 0; i < 4; ++i) //讓所有燈都能被開啟
6     pinMode(i, OUTPUT);
7   pinMode(7, INPUT);
8 }
9
10 void loop()
11 {
12   for(int i = 0; i < 4; ++i)
13     digitalWrite(i, HIGH); //下指令開啟所有燈
14
15   delay(60000); //持續60秒鐘(60000毫秒)
16
17   for(int i = 0; i < 4; ++i)
18     digitalWrite(i, LOW); //將燈關閉
19
20   while(1)
21   {
22     if(state == HIGH) //若按鈕被按下，跳出迴圈重新開始照射60秒
23     {
24       break;
25     }
26     delay(10);
27   }
28 }
29 }
```

五、結論與生活應用

結論：

一、由實驗一(紫外線 C 照射不同時間的殺菌效果)菌落面積百分比得知：

(一)、紫外線 C 燈照射 60 秒鐘殺菌效果最佳

(二)、五次實驗中的菌落百分比與照射時間的相關係數為-0.89588，成高度負相關，可證明「照射時間越長，殺菌效果越佳」推測。

(三)、每多照射 10 秒鐘約可減少 18%的菌落面積

二、由實驗二(紫外線 A 照射不同時間的殺菌效果)菌落面積百分比得知：

(一)、紫外線 A 燈照射 10 秒、20 秒培養後菌落面積皆為 100% (與負控制組數據相同)，至少照射 30 秒，才有顯著殺菌效果。

(二)、五次實驗中的菌落百分比與照射 30-60 秒(殺菌有效時間)的相關係數為-0.65190，成中度負相關，可證明「照射時間越長，殺菌效果越佳」推測。

(三)、每多照射 10 秒鐘約可減少 14%的菌落面積。

三、由實驗一、二菌落面積百分比得知：

- (一)、紫外線 A 燈照射 60 秒約可滅除 71%的細菌。
- (二)、紫外線 C 燈照射 60 秒約可滅除 95%的細菌。
- (三)、由以上 2 點可證明「紫外線波長越短，殺菌效果越佳」推測。

四、由實驗三(紫外線照射距離對口罩殺菌效果的影響)菌落面積百分比得知：

- (一)、五次實驗中的菌落百分比與照射時間的相關係數為 0.900363，成高度正相關，可證明「照射距離越短，殺菌效果越佳」推測。
- (二)、每多 2 公分照射距離，約會增加 20%菌落面積。

五、由實驗四(不同顏色口罩對紫外線殺菌效果的影響)菌落面積百分比得知：

- (一)、光照口罩殺菌效果，依顏色別：黑>綠>藍>粉紅>紫>白。
- (二)、黑、白、紫色符合實驗前推測
- (三)、紅、綠、藍三色數據僅差 1%，並且於各次實驗中排名皆不相同。推測是因黑、白有明顯的色彩差異，才會造成顯著的殺菌效果差異。

六、自製紫外線口罩殺菌盒，具有殺菌效果

七、依目前實驗結果可得知：以紫外線 C、1 公分距離照射黑色口罩 60 秒鐘，是殺菌效果最好的一套組合。
生活應用：

- 一、以科學方式找出了能兼顧安全、環保、衛生與便利性的殺菌方式。
- 二、紫外線口罩殺菌盒，不僅使用環保再生材質，還能讓大家在平常中午用餐或其他脫下口罩的時間，將口罩放入消毒，延長口罩使用時間，回歸環保與民生的本質。

參考資料

一、于台珊、何雨芳、黃盛修、莊啟佑、陳春萬 (2006)；*拋棄式防塵口罩滅菌再使用之可行性探討*·勞工安全衛生研究季刊·16(2)·198-201

[Yu Tai-Shan, Ho Yu-Fang, Huang Sheng-Hsiu, Chuang Chi-Yu, Chen Chun-Wan (2006). *The study of germicidal methods on filtering-facepiece respirators reuse*, 16(2), 198-201]

二、陳奕婷、郭庠蓁、黃熔、陳玠勳 (2009)；*抗UV福音*·中華民國第49屆中小學科學展覽會·4-6

三、張怡塘 (2009)·*環境微生物實驗* (修訂版)·高立圖書有限公司·12、16