

2024仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱: 螢火蟲飛高高

作品名稱: 攜帶型螢光檢測裝置

科學概念1: 能階與螢光: 原子內電子所能存在的量子態, 即電子只能在特定能量的軌道上運動, 這些具有特定能量的軌道便稱作能階。特定物質吸收到特定的光能量時, 會激發物質中的電子躍升至高能量狀態, 當電子要再回到最原本的基態時, 會釋放出螢光。

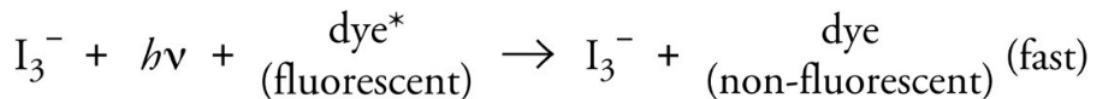
科學概念2: 反應速率: 單位時間內反應物或生成物濃度的改變量, 改變越多則反應速率越快。若以消耗固定量的反應物所需的時間做為反應速率的指標, 所需時間越長, 則反應速率越慢。

註: 決賽作品說明書內文總頁數最多10頁(不含本封面及授權同意書), 請勿寫上可辨識學校名稱之資訊。

決賽成果報告書內文

壹、發想動機

高中選修化學實驗——秒錶實驗，利用產物碘分子與澱粉結合產生藍色澱粉和碘的錯合物，由此測得反應速率。以肉眼判斷顏色變化會造成一定的誤差，實驗溫度若超過50 °C，澱粉指示劑便會失去活性，與碘所形成的藍色錯合物便會消失，因此必須將實驗溫度設定於一定範圍。為了能夠更精確並量化實驗結果，以及不必侷限實驗溫度，根據參考文獻¹，碘會使螢光劑中的螢光消失，因此我們想使用「螢光劑」來取代澱粉，並透過 arduino 製作螢光檢測裝置，將反應過程中螢光強度進行數值量化，改良原秒錶實驗的不足，使實驗更為精準。



圖一：碘會使螢光淬滅

貳、作品創意性

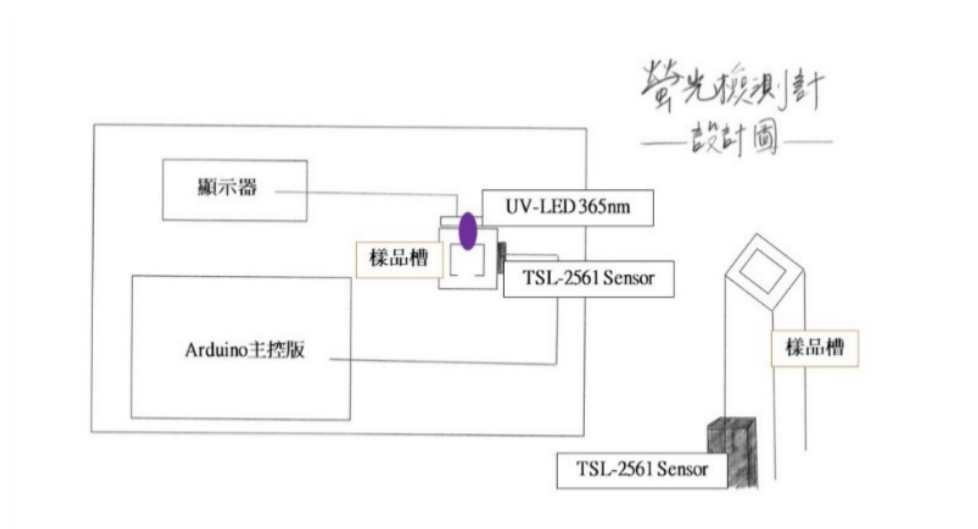
一、將實驗結果精準量化

使用 arduino 程式將實驗結果量化，讓秒錶實驗不單單只是依靠人為操作，例如肉眼判斷、手動計時等，透過此裝置，能精確的感測出螢光強度變化，再進一步將裝置所蒐集到的數據，以電腦分析，結果便能精準量化。

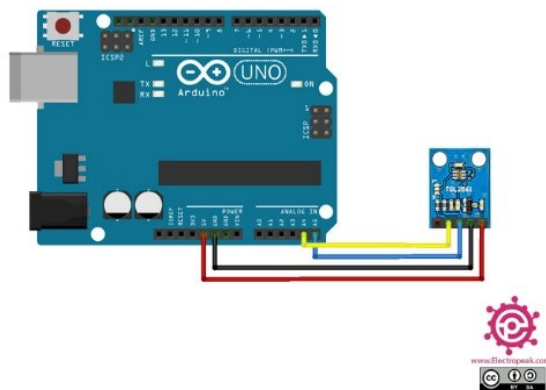
二、減少肉眼辨別誤差

此裝置包含光感測器、顯示器、UV-LED 及樣品放置槽，大小適中可放置於實驗桌上，同時還搭載計時功能。只要在實驗開始時按下按鈕，裝置便會在亮度小於等於3 lux 時自動停止計時，並且將實驗總費時顯示在顯示器及電腦序列埠監控視窗上，不須時刻盯緊秒錶反應裝置，減少因人反應時間快慢所造成的誤差。

參、硬體及電路架構圖



圖二：硬體架構圖

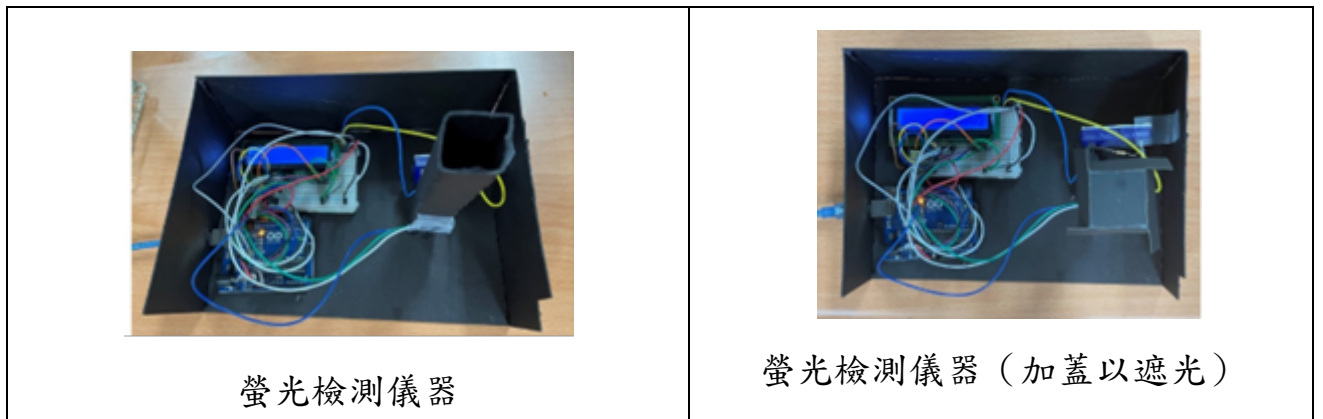


圖三：TSL-2561電路設計圖

透過 UV-LED 365 nm 激發樣品槽中的樣品，並使用 TSL-2561 光強度感測器檢測螢光強度，將蒐集之數據回傳，再進一步藉由電腦數據分析。

肆、作品成果報告

一、儀器成品



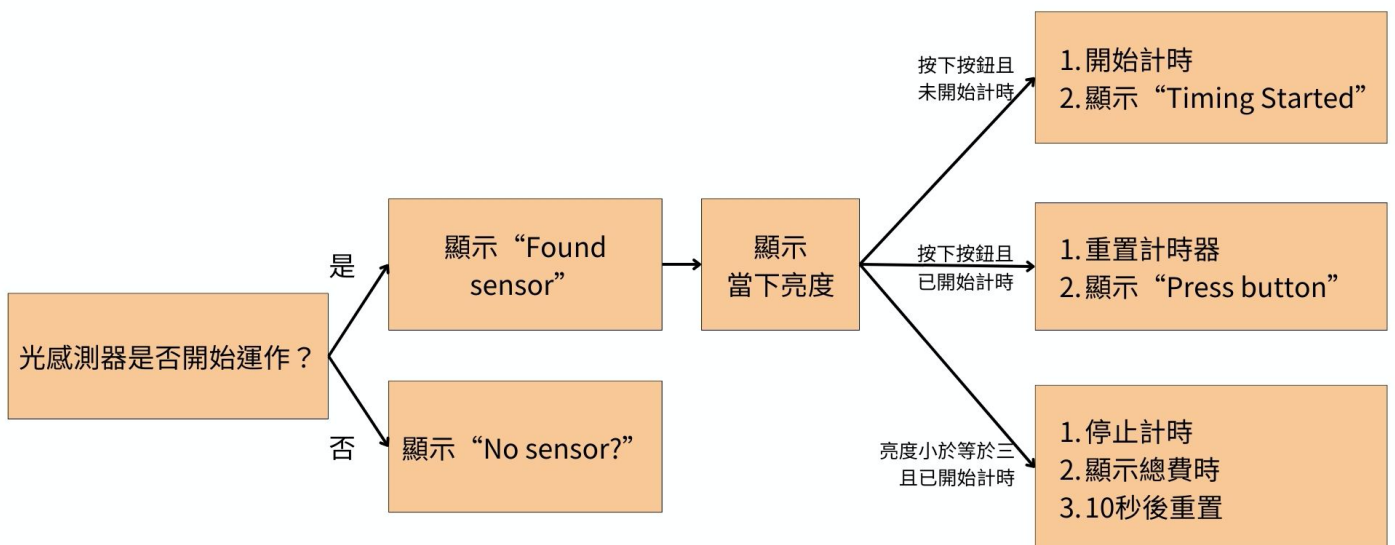
圖四：螢光檢測儀器成品圖

二、程式設計

（一）程式流程圖



圖五：Arduino 程式流程圖



圖六：螢光檢測裝置邏輯

(二) 完整程式碼

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_TSL2561_U.h>
#include "timer.h"

Adafruit_TSL2561_Unified tsl(TSL2561_ADDR_FLOAT, 12345);
LiquidCrystal lcd(12, 11, 10, 5, 4, 3, 2);
Timer timer;
const int buttonPin = 7;
unsigned long startTime = 0;
unsigned long endTime = 0;
bool timing = false;

void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0);
  pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);
  timer.reset();

  if (tsl.begin()) {
    lcd.print("Found sensor");
    delay(2000);
    lcd.clear();
  } else {
    lcd.print("No sensor?");
    while (1);
  }

  tsl.setGain(TSL2561_GAIN_16X);
  tsl.setIntegrationTime(TSL2561_INTEGRATIONTIME_402MS);
}

void loop(void) {
  sensors_event_t event;
  tsl.getEvent(&event);
```

```

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(event.light);
lcd.print(" lux");

if (digitalRead(buttonPin) == HIGH && !timing) {
  startTime = millis();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Timing started");
  timing = true;
  delay(200);
}

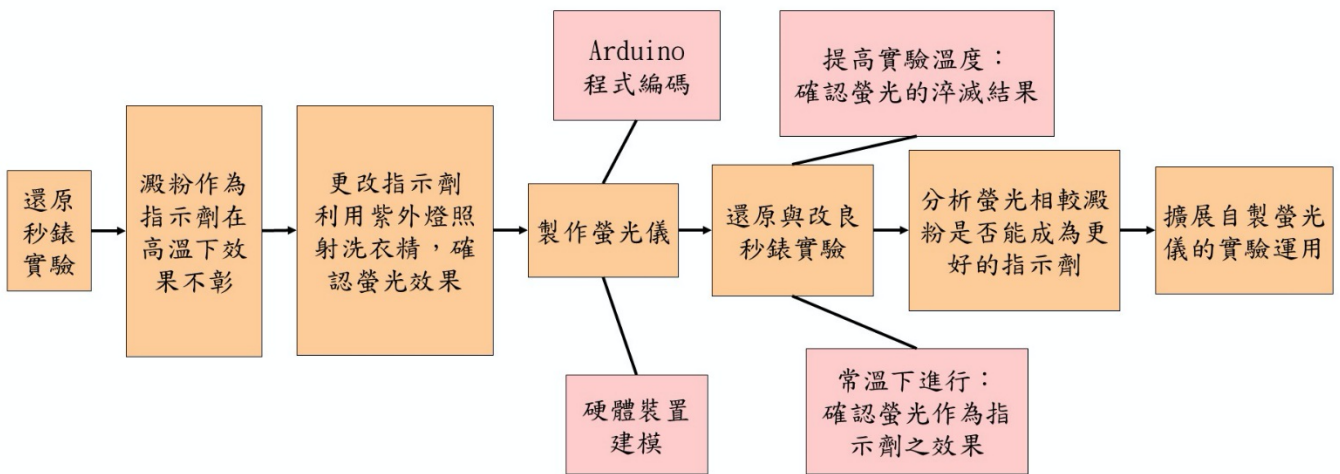
if (event.light <= 3.0 && timing) {
  endTime = millis();
  timing = false;
  unsigned long elapsedTime = endTime - startTime;
  Serial.println(elapsedTime);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Time: ");
  lcd.print(elapsedTime / 1000.0);
  lcd.print(" sec");
  delay(10000);
  lcd.clear();
}

if (digitalRead(buttonPin) == HIGH && timing) {
  timing = false;
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Press button");
  delay(200);
}
delay(200);
}

```

三、應用結果

(一) 實驗流程圖



(二) 設計實驗

1. 儀器校正：為了確保每次實驗進行的亮度起始值相同，將試管裝水放入儀器進行校正，使初始值固定為3 lux。

2. 秒錶實驗藥品配置：用於實驗一與實驗二

A 溶液	B 溶液
取 KIO ₃ 1.07 g 加入蒸餾水至250 mL，可得0.02 M 的 A 溶液	取 NaHSO ₃ 0.52 g 倒入適量蒸餾水，滴入0.1 M H ₂ SO ₄ 2.5 mL，再加入含螢光劑之洗衣精50 mL，最後加蒸餾水至250 mL，可得0.02 M 之 B 溶液

3. 實驗進行與結束：將 A、B 混合，即按下儀器按鈕，顛倒一次放入試管架，並蓋上蓋子。當數值小於或等於3 lux，停止計時。

(三) 實驗內容說明

1. 實驗一：比較秒錶反應在澱粉或螢光劑作為指示劑時的反應速率

(1) 將 A 溶液稀釋，配置濃度分別為0.02 M、0.018 M、0.016 M、0.014 M、0.012 M、0.010 M、0.008 M 的 A 溶液。

(2) 取已調整濃度之 A 溶液10 mL 與 B 溶液10 mL 混合。

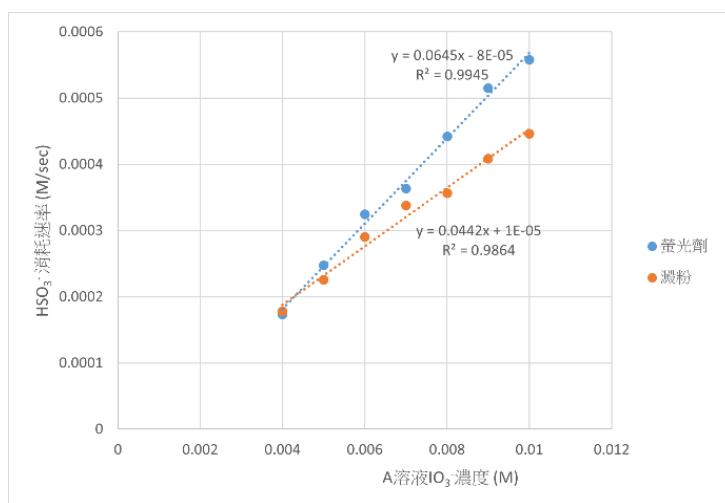
(3) 以螢光劑為指示劑之實驗組放入自製螢光儀檢測反應所需的時間，以澱粉為指示劑之對照組則直接以肉眼判定反應變色所需的時間。

2. 實驗二：用螢光劑作為秒錶反應指示劑，比較20 °C及50 °C的反應速率

- (1) 將A溶液稀釋，配置濃度分別為0.02 M、0.018 M、0.016 M、0.014 M、0.012 M、0.010 M、0.008 M的A溶液。
- (2) 調整溫度：分別取步驟(1)所配置的0.016 M、0.014 M、0.012 M、0.010 M、0.008 M之A溶液各10 mL盛裝於五支不同試管中。取0.02 M之B溶液各10 mL盛裝於五支不同試管中，將所有試管放置在試管架上，再將試管架移至20 °C的恆溫水槽中靜置待其達到熱平衡。
- (3) 重複步驟(2)並改將恆溫水槽設定為50 °C。
- (4) 取已調整好濃度與溫度之A溶液10 mL與B溶液10 mL混合。
- (5) 放入自製螢光儀檢測反應所需的時間。

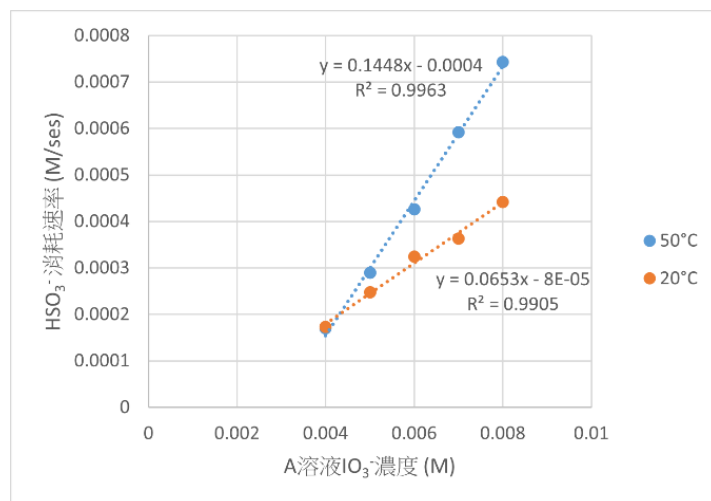
(四) 實驗結果：

1. 實驗一：比較秒錶反應在澱粉或螢光劑作為指示劑時的反應速率。由圖七可以判定，不論是澱粉或螢光劑作為指示劑，在20 °C的環境下，隨著A溶液之 IO_3^- 濃度上升，反應速率皆變快，且各數據點在反應速率隨濃度作圖中趨近於過原點的斜直線，並可以判定圖中y軸截距均約為 10^{-5} 單位，可以得知此反應為一級反應，與高中課綱實驗相符。因此，螢光劑確實可以替代澱粉做為秒錶反應的指示劑。



圖七：不同指示劑測定A溶液 IO_3^- 濃度與反應速率的關係圖（20 °C）

2.實驗二：利用螢光劑作為秒錶反應的指示劑時，比較20 °C及50 °C的反應速率。根據圖八結果顯示，當溫度升至50 °C，相同 A 溶液 IO_3^- 濃度之反應速率皆較20 °C 快，且由速率對濃度所作之關係圖皆呈現過原點之斜直線。由此我們認為可以將秒錶反應的指示劑，由澱粉更改為螢光劑，以彌補澱粉在50 °C 以上時，與碘分子的藍色錯合物消失而無法進行實驗。亦可以此方式進行高溫之反應速率探討，設計課綱中所提及溫度對於反應速率影響的實驗。



圖八：不同溫度下使用螢光劑測定 A 溶液 IO_3^- 濃度與反應速率的關係圖

四、作品的擴展運用

此自製螢光儀的精準度由上述結果可知，其有一定之水準，且成本較實驗室中的儀器設備更為低廉，方便製作與隨實驗內容修正。同時校園中的實驗設備建置成本高，很難讓每組學生同時進行實驗，若可以自製螢光儀，便可以於上課時間與老師同步進行實驗操作，而非只有老師或少數學生能參與，滿足所有學生對於探究未知領域的渴望，增加參與實驗的趣味性與主動性。

伍、參考文獻：

- [1] Weinberg, R.B. J.Chem.Edu, 2007, 84, 797-800
- [2] 黃上華、程薇心、許育淇。螢光捕手。中華民國第49屆中小學科學展覽會。
- [3] TopyBio。光學儀器 DIY-驗菌&螢光兩用儀組裝。2022/08/22。
<https://toppyopticalinstruments.blogspot.com/2022/08/blog-post.html?m=1#more>
- [4] Mohammad Damirchi。Interfacing TSL2561 Luminosity Sensor with Arduino。
<https://electropeak.com/learn/interfacing-tsl2561-luminosity-sensor-with-arduino/>