



Points: 40

Time: 3 Hours

---

## Science for Sustainable Food and Agriculture

實驗題測驗

試題

December 7, 2023

你可以翻閱接下來的三頁，只能閱讀  
「考試規則」、「考試說明」和「具體說明」

## 考試規則

1. 你不可以攜帶任何個人物品進入試場，除了個人所需要的醫藥用品或被認可的個人醫療設備。
2. 每個小組必須坐在指定的位置。
3. 每個小組將有30分鐘時間檢查所有設備和化學藥品，閱讀說明和實驗細節。在“CHECK”信號之前，請勿開始檢查或閱讀。在此期間將收集每位競賽者的簽名。
4. 在這個30分鐘的檢查和閱讀期間，你「不可以」進行實驗操作。
5. 只有在“START”信號後，你才可以開始進行實驗操作。



提供的“扇子”

6. 在考試期間，你不可以離開試場，除非是要上廁所或有緊急狀況並在指導委員/工作人員/監考人員的陪同之下。如果你需要在這些情況下離開試場，請舉起桌子上提供的「扇子」。在考試的最後10分鐘內，不允許去洗手間。
7. 在實驗室內不可以吃東西和喝水。如有必要，僅限於醫療原因，你可以向監考人員請求在指定區域休息吃點心，但需要獲得許可。
8. 請勿打擾或與其他小組的競賽者交流，若需要協助請舉「扇子」並且等待指導委員來協助。
9. 小組必須留在座位上，直到考試時間結束，即使你們已經提早完成作答或不想繼續操作。
10. 考試時間終了的時候，你將會聽到“STOP”的訊號，在這個訊號之後就不能在答案卷上書寫任何東西。將試題和答案卷整齊地放在桌子上，黃色答案卷放在最上面。在所有試卷被收集並獲得離開的信號之前，請勿離開試場。
11. 監考人員將不會協助實驗並會盡量減少與競賽者的交流。如果你的問題在考試規則或說明中未提及，請憑自己的判斷力處理。
12. 如果發生任何受傷情況，你必須立即通知監考人員。受傷不會導致扣分，但必須妥善處理，受傷者只能在監考人員的同意下恢復進行實驗操作。
13. 如果一個小組不遵守考試規則，只會給予一次警告。在警告後，任何不遵守規則或指導委員指示的行為將導致小組被取消資格，並在實驗題測驗中獲得零分。

你可以翻到下一頁看考試說明

## 考試說明

1. 請始終遵循實驗指示，但你有權按任何順序進行操作和作答。
2. 所有競賽者應該注意安全，行為負責，並保持工作環境的清潔。在與隊友進行討論時，請保持低音量，以免打擾其他人。
3. 必須始終佩戴護目鏡和實驗衣。只有在使用顯微鏡或需要短暫調整護目鏡時，才可以取下護目鏡。長時間不戴護目鏡或實驗衣會受到警告或取消資格。
4. 如果出現玻璃器皿破損的情況，請舉起你的“扇子”，並向監考人員尋求幫助。
5. 你有3小時的時間進行：
  - 完成指定的實驗任務，
  - 進行計算，
  - 繪製圖表，
  - 在提供的黃色答案卷上記錄你的結果和答案。在“STOP”指令後，你必須立即停止操作和作答。
6. 每個小組都有三份以白色紙列印的完整試題和每個科目（物理、化學和生物）各一份黃色答案卷。只有黃色答案卷將被評分。每份黃色答案卷都不得拆開訂書針。
7. 請檢查大會提供的文具物品（筆、鉛筆、橡皮擦、計算機和扇子）。只能使用大會提供的筆和鉛筆。
8. 在黃色答案卷上，除了繪圖時可以使用鉛筆外，請只使用筆(pen)來書寫所有答案。所有結果和答案必須寫在答案卷提供的空格中。在其他地方書寫的資料將不被評分。你可以使用試題本及其背面作為草稿紙。
9. 如果你要更改答案，請完全擦掉你的第一個答案，然後填上你的新答案。任何模糊不清的答案都會被視為錯誤。
10. 答案卷的每一頁上都有寫上小組代碼。如果資訊不正確，請舉起你的“扇子”。
11. 如果提供了計算空間，你必須寫出你的計算過程，否則，該題目將不會得到分數。
12. 你應該以適當的小數位數寫下最後的答案。
13. 在“CHECK”的訊號之後，檢查你是否有完整的試題，如發果你現有任何缺頁，請舉起「扇子」。
  - 題目:物理9題、化學2題、生物3題。
  - 試題總共有42頁，包括封面。
  - 答案卷總共有29頁(合併3個部分)，包括封面。

你可以翻到下一頁看具體說明

## 具體說明

1. **檢查和閱讀：**你應該根據每個部分的第一頁上給出的清單檢查所有的設備和化學藥品。在此檢查期間之後，將不提供任何器材。
2. **補充/更換：**
  - 在生物部分，樣本、化學藥品和實驗器皿不得補充或更換。
  - 在化學部分，化學藥品和實驗器皿可以補充或更換，每重新補充/更換物品扣2分。只有一個備用比色管可供更換。
  - 在物理題目中，每個小組最多可以進行2次LED的更換，2次光電二極管的更換，以及1次電池的更換，每更換一個物品扣1分。比色管內的溶液也可以以扣2分的代價進行更換。在獲得更換物品之前，一名小組成員必須與監考人員在黃色答案卷的考試記錄表上簽名。
  - 除上述列出的設備之外，其他設備無法進行更換。在考試之前，每件設備都要經過驗證。如果設備不能按照預期來運作，很可能是你使用不正確。在考試期間，監考人員不會對設備進行檢查。
3. **處理：**化學廢棄物必須放入標有“waste container”的指定垃圾容器中。
4. **使用分光光度計：**在化學題目中，每個小組必須與另外一個小組共用一台分光光度計。
  - 在你的實驗工作台上會放置一張卡片，指示你的小組將使用哪台分光光度計。你的國家名和小組代碼也會顯示在指定的儀器上。
  - 兩個小組必須按照實驗工作台上提供的分光光度計時間表，在9分鐘的間隔內輪流使用儀器，每次切換時間為1分鐘。
  - 在1分鐘的切換時間內，監考人員必須清除所有現有的數據，然後才能讓另一個小組使用分光光度計。
  - 根據提供的時間表，你的小組被指定為“Team A”或“Team B”。你不得在其他小組的時間段內使用該儀器。在你的時間段以外使用分光光度計將受到警告，並取消資格。
5. 下一頁提供了作答的有用資訊。

在“CHECK信號”之前，請勿翻到下一頁。

**GENERAL INFORMATION**

**Periodic Table of the Elements**

1 H Hydrogen 1.01																	2 He Helium 4.00
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.01											5 B Boron 10.81	6 C Carbon 12.01	7 N Nitrogen 14.01	8 O Oxygen 16.00	9 F Fluorine 19.00	10 Ne Neon 20.18
11 Na Sodium 22.99	12 Mg Magnesium 24.31											13 Al Aluminum 26.98	14 Si Silicon 28.09	15 P Phosphorus 30.97	16 S Sulfur 32.07	17 Cl Chlorine 35.45	18 Ar Argon 39.95
19 K Potassium 39.10	20 Ca Calcium 40.08	21 Sc Scandium 44.96	22 Ti Titanium 47.87	23 V Vanadium 50.94	24 Cr Chromium 51.99	25 Mn Manganese 54.94	26 Fe Iron 55.85	27 Co Cobalt 58.93	28 Ni Nickel 58.69	29 Cu Copper 63.55	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.72	32 Ge Germanium 72.63	33 As Arsenic 74.92	34 Se Selenium 78.97	35 Br Bromine 79.90	36 Kr Krypton 84.80
37 Rb Rubidium 84.47	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.91	40 Zr Zirconium 91.22	41 Nb Niobium 92.91	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium 98.91	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.91	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.87	48 Cd Cadmium 112.41	49 In Indium 114.82	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.76	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.90	54 Xe Xenon 131.25
55 Cs Cesium 132.91	56 Ba Barium 137.33	57-71 Lanthanides	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.95	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.21	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.09	79 Au Gold 196.97	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium [208.98]	85 At Astatine 209.99	86 Rn Radon 222.02
87 Fr Francium 223.02	88 Ra Radium 226.03	89-103 Actinides	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [269]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Uut Ununtrium unknown	114 Fl Flerovium [289]	115 Uup Ununpentium unknown	116 Lv Livermorium [298]	117 Uus Ununseptium unknown	118 Uuo Ununoctium unknown
57 La Lanthanum 138.91	58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodymium 140.91	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.91	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.96	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.93	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.93	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.93	70 Yb Ytterbium 173.06	71 Lu Lutetium 174.97			
89 Ac Actinium 227.03	90 Th Thorium 232.04	91 Pa Protactinium 231.04	92 U Uranium 238.03	93 Np Neptunium 237.05	94 Pu Plutonium 244.06	95 Am Americium 243.06	96 Cm Curium 247.07	97 Bk Berkelium 247.07	98 Cf Californium 251.08	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.10	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.10	103 Lr Lawrencium [262]			

## 物理試題

### 介紹

在本試的物理部分，嘗試以基本原理建立化學部分的分光光度計的簡化版。

正如化學部分中也提到的，分光光度計用於透過稱為吸光度  $A$  的量，測量樣品的光吸收。吸光度定義為

$$A = \log_{10} \left( \frac{I_0}{I} \right),$$

其中  $I_0$  和  $I$  分別是入射光和透射光的強度。（圖P-1）

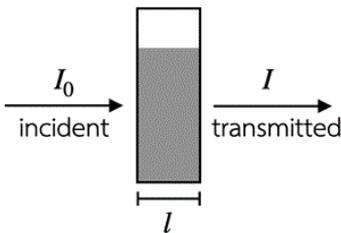


圖 P-1. 強度為  $I_0$  的入射(incident)光穿過路徑長度為  $l$  的樣品，產生強度為  $I$  的透射(transmitted)光。

給定樣品的吸光度與其濃度  $c$  和光束通過樣品內的長度，稱為路徑長( $l$ )成正比。此比例可寫成等式，稱為比爾-朗伯定律：

$$A = \epsilon cl$$

(2)

比例常數  $\epsilon$  稱為莫耳吸光率。

方程式 (1) 和 (2) 是本試中探討的主要方程式。考試由三部分組成。在Part I建立一個簡化版的分光儀。然後分別在parts II 和 III中探索  $A$  對  $l$  和  $c$  的相依關係。

**Part I : 製作色度計 - 簡化版的分光光度計 (2.0 pt)****實驗目標**

1. 根據提供的電路圖連接色度計的電路。
2. 測量電路的基本參數。

**材料**

1. 萬用電表
2. 母對母跳線
3. 母頭到鱷魚夾跳線
4. 電路板包含
  - 4.1. 用於連接電池的 DC 插座
  - 4.2. 光源電路
  - 4.3. 光強度感測器電路
  - 4.4. 安裝 LED 和光電二極體的色度計
5. 一顆帶直流插孔的 9 伏特電池

**電路板技術細節：**

電路板上有八排排針。電阻和電池符號的每一側均連接到一排有四個插頭接腳的排針。同一排的這四個插頭接腳彼此電連通。LED 安裝在光源電路附近，光電二極體安裝在光強度感測器電路附近，在色度計的壁上。LED 和光電二極體的極性由雕刻在色度計壁上的電路符號指示。

可以使用母對母跳線在兩排插頭接腳之間進行連接。 可以使用母頭到鱷魚夾跳線將 LED 和光電二極體的引腳連接到插頭引腳，如圖 P-2 所示。（圖 P-2 中的接線僅供說明之用，可能不是正確的配置。）

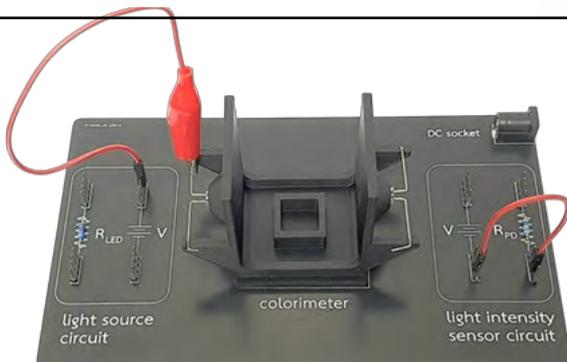


圖 P-2 顯示實驗中使用的電路板以及如何連接跳線。

### 萬用電表快速說明：

測量電路中兩點間的電位差，需將萬用電錶的黑色探針(black prob)連接到 COM 插孔，紅色探針 (red prob)連接到 V 插孔。然後，將萬用電表主旋鈕旋至V=檔位，如圖P-3中紅色箭頭所示。紅色探針相對於黑色探針的電位將以伏特 (V) 為單位顯示在萬用電表螢幕上。



圖 P-3顯示本次測量中使用的萬用電表以及探針位置和檔位選擇。

### 任務

1. 分別依照圖P-4a和圖P-4b給出的電路圖連接電路板上的光源電路和光強感測器電路。

**警告：**將 LED 直接連接到 9 伏特電池將超出其容壓，對其造成永久性損壞。可用扣1分為代價去替換損壞的LED、光電二極體或電池。每組最多可替換 2 個LED、2 個光電二極體和 1 個電池。若要替換零件，舉手通知監考人員。請小心 LED 和光電二極體脆弱易損的接腳。

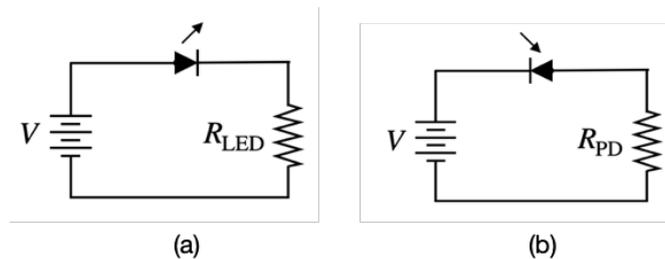


圖 P-4 (a)光源電路和(b)光強度感測器電路的電路圖

2. 將 9 伏特電池插入直流插座。如果連接正確，應該會看到 LED 發出明亮的光。

3. 在每個電路中，測量每個電路元件之間的電位差並將數值記錄在答案紙上。

測量結束後，應輕輕拔掉9伏特電池，以節省電池電量。

回答答案卷中的問題 P-1.1) 和 P-1.2)。

P-1.1) 光源電路中的測量

1.1) (0.2 pt) 電池兩端的電位差：

$$V = \underline{\hspace{2cm}}$$

1.2) (0.3 pt) 電阻器  $R_{LED}$  兩端的電位差：

$$\Delta V_{R_{LED}} = \underline{\hspace{2cm}} :$$

1.3) (0.3 pt) 和 LED 兩端的電位差：

$$\Delta V_{LED} = \underline{\hspace{2cm}}$$

1.4) (0.2 pt) 給定  $R_{LED} = 2.20 \text{ k}\Omega$ ，計算該電路中的電流：

$$i = \underline{\hspace{2cm}}$$

P-1.2) 在光強度感測器電路中，測量

2.1) (0.2 pt) 電池兩端的電位差：

$$V = \underline{\hspace{2cm}}$$

2.2) (0.3 pt) 電阻器 $R_{PD}$  兩端的電位差：

$$\Delta V_{RPD} = \underline{\hspace{2cm}} :$$

2.3) (0.3 pt) 和光電二極體兩端的電位差：

$$\Delta V_{PD} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2.4) (0.2 pt) 給定  $R_{PD} = 300 \text{ k}\Omega$ ，計算該電路中的電流：

$$i = \underline{\hspace{2cm}}$$

**Part II - 吸光度路徑長的相依性 (5.0 pt)****實驗目標**

1. 測量藍色壓克力板堆的吸光度。
2. 確定藍色壓克力的比例常數 $\epsilon_{ac}$ 。

**材料**

1. 接好的色度計和part I中的所有材料
2. 五塊藍色壓克力板（不要觸摸光線應該穿透的平坦表面的中間。）

**從光強度感測電路測量光強度**

根據圖 P-4b 的電路圖，電路中的電流  $i_{ph}$  值將與入射到光電二極體上的光強度  $I$  成正比。根據歐姆定律， $R_{PD}$  上的電位差為  $\Delta V_{RPD} = i_{ph} \cdot R_{PD}$ 。  $R_{PD}$  為定值。因此，

$I = k \cdot \Delta V_{RPD},$	(3)
-------------------------------	-----

其中  $k$  是比例常數。意指透過測量  $\Delta V_{RPD}$ ，可以使用方程式 (3) 來找到  $I$ 。幸運的是，在下面的實驗中，只用到光強度的比率。常數  $k$  自動消去，不用求出。

以下實驗中，當要求測量光強度時，就必須測量  $\Delta V_{RPD}$ 。

**任務**

1. 將 9 伏特電池插入直流插座。
2. 當  $n = 0, 1, 2, \dots, 5$  時，用藍色壓克力板阻擋光路，透過  $\Delta V_{RPD}$  測量光強度。所得的值記在答案卷上。

回答答案卷中的 P-2.3) 到 P-2.5) 。

**P-2.3) (1.8 points) 填寫表 II.3**

已知每塊壓克力板的厚度為1.00 mm。

使用公式

$$A_n = \log_{10} \left( \frac{\Delta V_{RPD, n=0}}{\Delta V_{RPD, n}} \right)$$

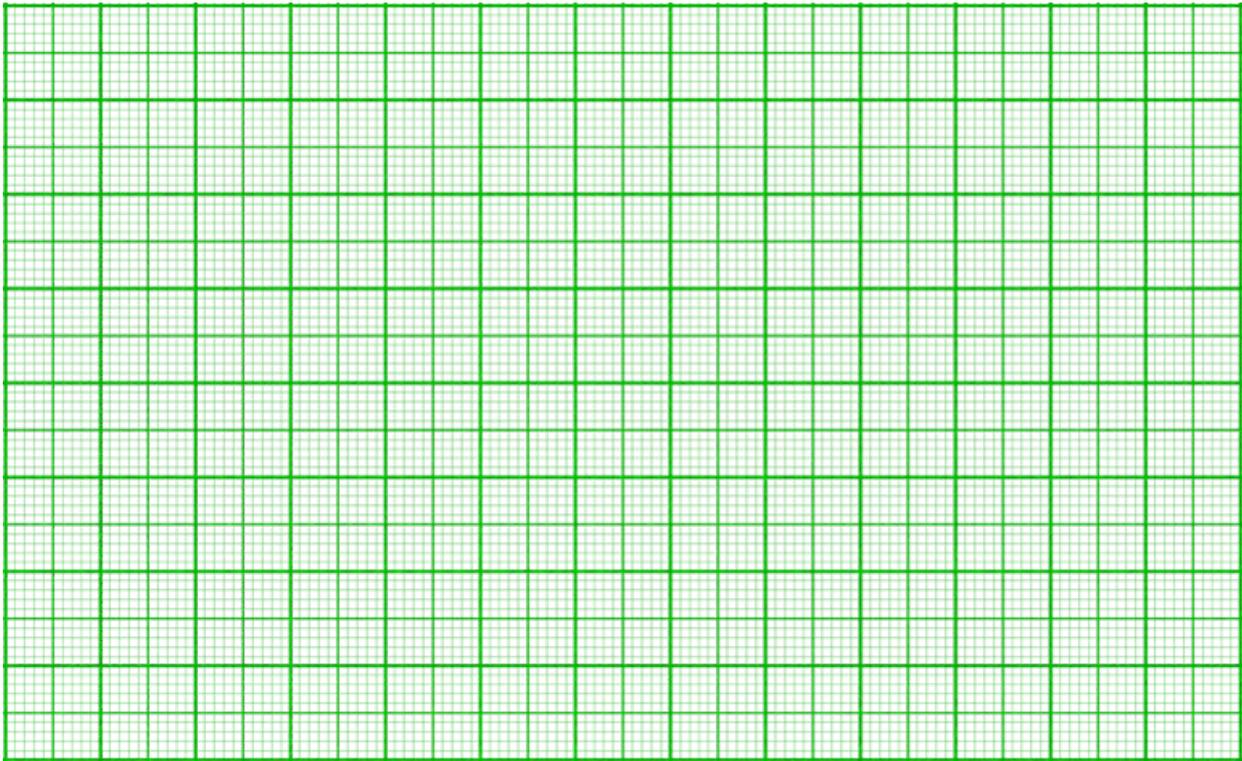
計算第四列的  $A_n$  值。

**表 II.3 - 以  $n$  塊藍色壓克力板阻擋光路時的  $\Delta V_{RPD}$**

壓克力板數 ( $n$ )	板的總厚度 $l$ (_____)	$\Delta V_{RPD}$ (_____)	$A_n$
0			X
1			
2			
3			
4			
5			

P-2.4) (2.2 points) 作  $A_n$  對  $l$  的圖。用清晰的點表示數據。畫一條通過數據點的線性最佳擬合線。

Figure P-5 吸光度  $A_n$  對壓克力板厚度  $l$  的關係圖。



P-2.5) (1.0 points) 根據比爾-朗伯定律，吸光度  $A_n$  應與厚度  $l$  線性相關。因此， $A_n$  和  $l$  之間的關係可以寫成  $A_n = \epsilon_{ac} \cdot l + w$ 。根據圖 P-5 求出  $\epsilon_{ac}$  和  $w$  的值，不須加不確定度。注意， $\epsilon_{ac}$  的定義與介紹中的方程式 (2) 不同。

$\epsilon_{ac} =$

$w =$

計算過程:

**Part III -吸光度與濃度的相依性(6.0 pt)****實驗目標**

1. 測量紅色染料溶液的吸光度
2. 製作溶液濃度校正曲線並測定未知樣本的濃度

**材料**

1. 連結色度計和Part I的全部設置
2. 裝有紅色染料溶液的比色管架（不要碰比色管的透明面）小心勿翻倒比色管。更換比色管要扣 2 分。

**任務**

1. 將 9 伏特電池插入直流電源插座。
2. 將每個比色管放入比色計中心的方形槽中，透過  $\Delta V_{RPD}$  測量光強度。比色管號碼標記在架子的正面。確保比色管的透明面面向 LED 和光電二極體。在答案卷上填寫所量得的數值。

回答答卷中的 P-3.6) 到 P-3.9) 題。

P-3.6) (1.8 pt) 填寫 table P-III.6

在此情況下，比色管  $n$  的吸光度或  $A_n$  是相對於僅含有水，濃度為 0 ppm 的「比色管 0」決定的。因此， $A_n$  可以使用以下公式計算：

$$A_n = \log_{10} \left( \frac{\Delta V_{RPD,0}}{\Delta V_{RPD,n}} \right),$$

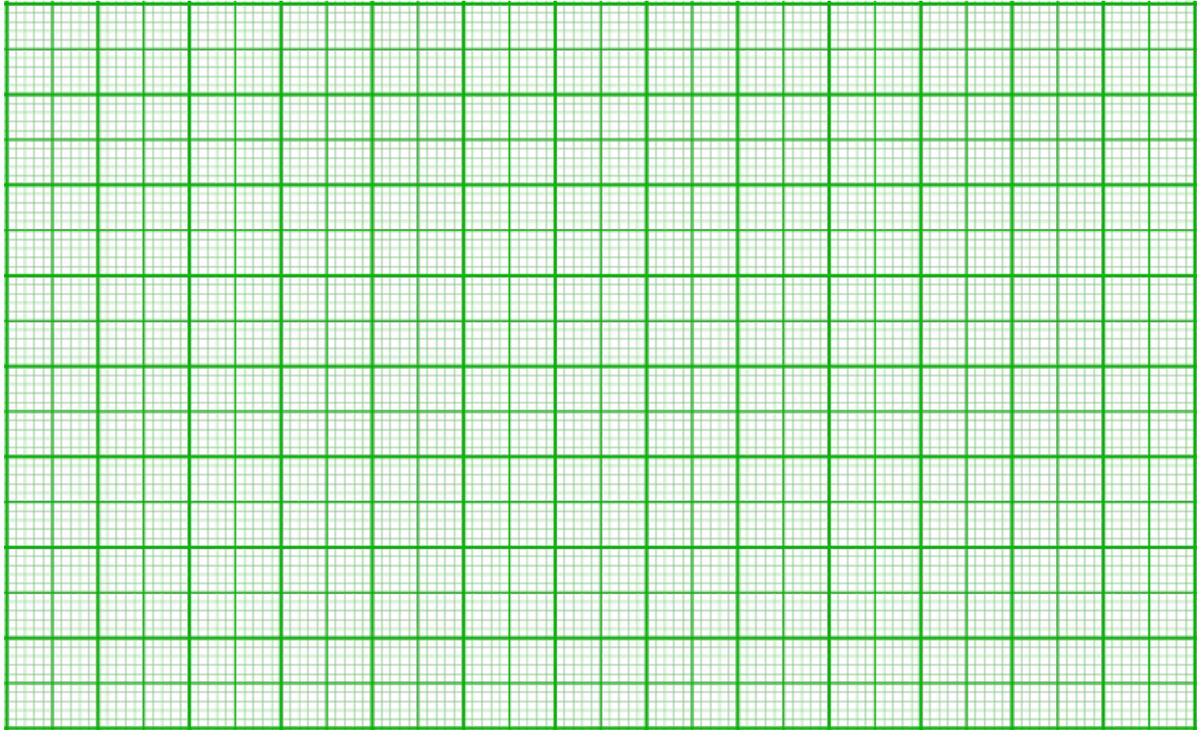
此處  $\Delta V_{RPD,n}$  是比色管編號  $n$  的  $\Delta V_{RPD}$ 。

**Table P-III.6-** 不同濃度紅色染料溶液阻擋光路時 $\Delta V_{RPD}$ 的測量結果。

比色管編號 $n$	濃度 (ppm) $c$	$\Delta V_{RPD}$ ( <u>                    </u> )	$A_n$
0	0		-
1	1.0		
2	2.0		
3	3.0		
4	4.0		
5	5.0		
X	-		

P-3.7) (2.2 pt) 作 $A_n$  對比色管編號1 到 5的濃度 $c$ 的圖。用清晰的點表示數據。畫一條通過數據點的線性最佳擬合線。

**Figure P-6** 吸光度  $A_n$  對溶液濃度  $c$  的關係圖



P-3.8) (1.0 points) 根據方程式(2)比爾-朗伯定律，吸光度  $A_n$  應與濃度  $c$  線性相關。因此， $A_n$  和  $c$  之間的關係可以寫成

$$A_n = \epsilon l \cdot c + \delta.$$

在這種情況下，常數  $\delta$  來自  $A$  和  $c$  的測量差異。

根據圖 P-6 求出  $\epsilon l$  和  $\delta$  的值，不須加不確定度。注意， $\epsilon l$  的定義與介紹中的方程式 (2) 不同。

$\epsilon l =$

$\delta =$

計算過程:



Points: 40

Time: 3 Hours

---

P-3.9) (1.0 points) 使用問題P-3.7) 和 P-3.8)中的資訊，求出「比色管X」中溶液的濃度。

「比色管X」中溶液的濃度：

\_\_\_\_\_。

註：圖 P-6 中的擬合線稱為校正線。在本試的化學部分會提供校正線。

計算：

# 化學試題

編號	安全防護	每隊數量
1	護目鏡	3
2	實驗衣	3
3	手套一對	3
4	廢棄物桶	1

## 化學實作器材及藥品清單

編號	器材	數量
1	50 cm <sup>3</sup> 離心管	2
2	25.00 cm <sup>3</sup> 容量瓶	10
3	600 cm <sup>3</sup> 燒杯 (廢液使用)	1
4	250 cm <sup>3</sup> 燒杯	1
5	100 cm <sup>3</sup> 燒杯	1
6	50 cm <sup>3</sup> 燒杯	1
7	10.00±0.05 cm <sup>3</sup> 刻度吸量管 (標有棕色數字) 用來吸取米萃取液樣品	1
8	10.00±0.05 cm <sup>3</sup> 刻度吸量管 (標有藍色數字), 用來吸取其他液體	3
9	安全吸球	1
10	巴斯德 (Pasteur) 滴管	10
11	滴管橡膠帽	10
12	比色管 (路徑 1.0 cm)	1
13	試管架 (離心管使用)	1
14	標籤貼紙	1
15	簽字筆	1

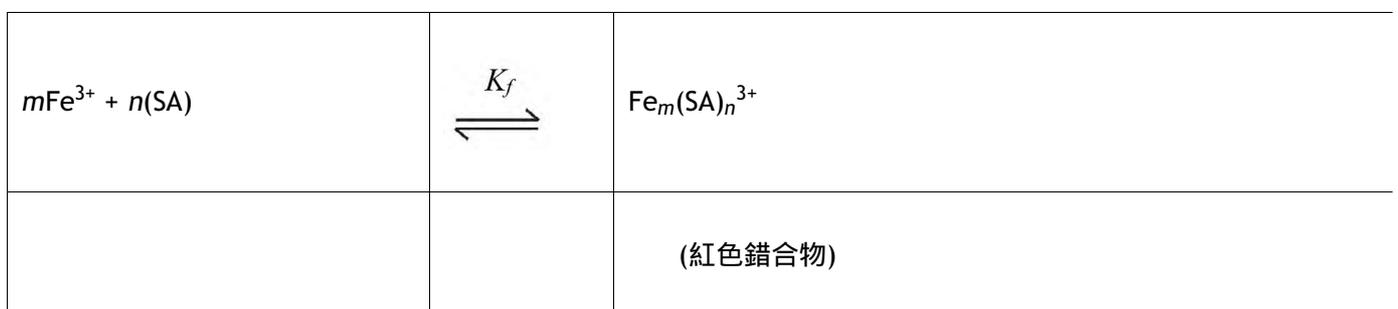
編號	化學試劑	數量
1	0.01 M 磺基水楊酸 (SA, 於 50 cm <sup>3</sup> 離心管)	1
2	0.1 M 磺基水楊酸 (SA, 於 50 cm <sup>3</sup> 離心管)	1
3	0.1 M 過氯酸 (於 800 cm <sup>3</sup> 塑膠瓶)	1
4	萃取樣品 (Extract sample, 於 30 cm <sup>3</sup> 離心管)	1
5	0.01 M Fe(III) 標準品 (於 0 cm <sup>3</sup> 離心管)	1
6	蒸餾水 (於 200 cm <sup>3</sup> 瓶)	1

### 泰國茉莉香米的化學

泰國長期以來是世界最大的稻米生產國及出口國之一，泰國米以其優良的品質在國際市場上享有良好聲譽。其中茉莉香米又稱香米，被譽為泰國米中最重要的商品。烹飪過程中產生的氣味是此茉莉香米的重要特徵之一。

米的香氣是由多種不同的化合物引起的，其中已鑑定的化合物有200多種。茉莉香米還含有多種的營養成分，包括鉀、錳、磷、硒、鋅、鐵等微量元素，對於促進身體發育和結構完整的代謝途徑的運作至關重要。為了滿足鐵的需求，人們可以從不同的食物來源攝取鐵。根據報導，茉莉香米中鐵的相對含量較高。

在本實驗中，使用簡易的比色法 (colorimetry): 利用 Fe(III) 陽離子和磺基水楊酸(SA) 形成金屬離子的錯合物 (如下式所示)，再透過連續改變的方式來確定反應的化學計量，以測定米萃取物中的鐵含量。



已知  $K_f$  為錯合物形成常數

## 實驗

### 第一部分: 米萃取物中的 Fe(III)

光度法是食品科學中最有用的定量分析方法之一。它是一種簡便的成分分析方法，並提供成份組成和計量化學的之詳細資訊。樣品中 Fe(III) 濃度可根據比爾定律中吸收度和濃度所建立的校正曲線來決定。比爾定律中的吸收度正比於濃度。

$$\text{吸光度 (Abs)} = \epsilon cl$$

其中

$\epsilon$  = 莫耳吸收率 (L/(mol·cm)) [它用來衡量化學物種或物質吸收特定波長光之強度。]

$l$  = 光徑長 (cm)

$c$  = 濃度 (mol/L)

將不同濃度的 Fe(III) 標準溶液 5.00 cm<sup>3</sup> 與過量的磺基水楊酸 (sulfosalicylic acid, SA) 混合，在容量瓶以 0.1 M 過氯酸 (perchloric acid) 調整體積至 25.0 cm<sup>3</sup>。放置至少 20 分鐘讓反應形成錯合物，並確保在使用分光光度計測量錯合物於 505.0 nm 處吸光前已達平衡。根據比爾定律關係式，吸光度 (Absorbance) 與形成紅色 Fe(III) 錯合物最終濃度 (final concentration) 之間的線性校準曲線，如圖 C1 所示。

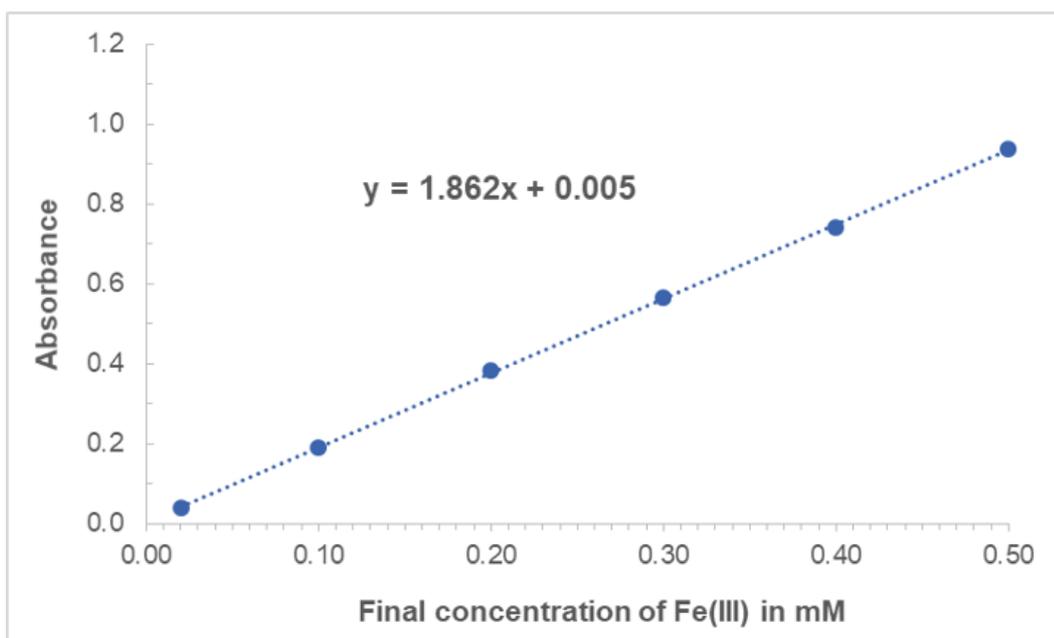


圖 C1. Fe(III) 與磺基水楊酸 (SA) 反應形成錯合物後之校正曲線。



Points: 40

Time: 3 Hours

---

C-1.1) (0.3 pt) 此錯合物的莫耳吸收率為何？

在實驗中，學生將拿到  $30.0 \text{ cm}^3$  含有 Fe(III) 離子的米萃取樣本 (rice Extract Sample)。Fe(III) 離子的濃度可以使用分光光度法 (UV-Vis) 測量，並使用已給定的校正曲線的線性方程式計算。

### 實驗步驟

1. 利用貼有白色標籤的刻度吸量管把  $5.00 \text{ cm}^3$  米萃取樣本轉移至  $25.00 \text{ cm}^3$  定量瓶中，加入  $5.00 \text{ cm}^3$   $0.1 \text{ M}$  磺基水楊酸溶液，然後以  $0.1 \text{ M}$  過氯酸調整到最終體積，確保溶液充分混合。（注意：有兩個濃度不同的SA試管。）
2. 將充分混合的混合物放置至少 20 分鐘以獲得穩定的錯合物。
3. 測定吸光度時，將混合物放入乾淨的比色管中大約80%滿，以分光光度計測定並設定吸收波長為  $505.0 \text{ nm}$ ，按下分光光度計上的「啟動鈕 "START"」以記錄吸光度 (*Abs*)。



分光光度計測量吸光度的使用示意圖：(1) 打開蓋子，將裝有樣品的比色管放入槽中，(2) 將比色管的透明面朝向光路徑(3) 關閉蓋子，然後(4) 按下開始鈕"START" 測量吸光度 (*Abs*)。

C-1.2) (0.2pt) 由原始的米萃取樣品 (Extract Sample) 所形成鐵錯合物的吸光度 (*Abs*) 是多少？

為了獲得準確的濃度計算，錯合物的吸光度需要在校正曲線的範圍內。

如果您認為需要稀釋，請僅使用 0.1 M 過氯酸在 25.00 cm<sup>3</sup> 容量瓶中對原始的 **rice Extract Sample** 進行稀釋（將溶液標記為 **Solution A**）。您可以自行決定 **Solution A** 的稀釋濃度。

若欲測量 **Solution A** 中錯合物的吸光度，請重複步驟1-3，並將此有色溶液標記為 **Solution B**。您可將 **Solution A** 轉移到離心管(Falcon tube) 中。（注意：在新的吸光度測量之前，先用 0.1 M 高氯酸沖洗比色管，然後以欲測量的溶液潤洗比色管）。

C-1.3) (0.3pt) 製備溶 **Solution A** 所需要的 **rice Extract Sample** 體積是多少？

C-1.4) (0.3pt) **Solution B** 中錯合物的吸光度是多少？

C-1.5) (1.5pt) 計算存在於原始 **rice Extract Sample** 中 Fe(III) 的莫耳濃度。以正確的有效數字寫下你的答案。

C-1.6) (0.6pt) 計算存在於 **rice Extract Sample** 中 Fe(III) 的濃度 (mg/L)。以正確的有效數字寫下你的答案。



Points: 40

Time: 3 Hours

---

C-1.7) (1.6pt) 從 200.0 克茉莉香米樣品中萃取出  $100.0 \text{ cm}^3$  原始 rice Extract Sample，如果只含 Fe(III) 離子，試計算在每 kg 的米中 Fe(III) 的重量 (單位為: mg per kg of rice)，並以正確的有效數字寫下你的答案。

C-1.8) (0.5pt) 磺基水楊酸會只與 Fe(III) 反應形成紅色錯合物。然而 rice Extract Sample 中同時含有 Fe(III) 和 Fe(II)。為了決定鐵離子的總量，在與磺基水楊酸形成錯合物之前，先將 rice Extract Sample 中的 Fe(II) 氧化成 Fe(III)。

從 200.0 g 茉莉香米中提取  $100.0 \text{ cm}^3$  的原始 rice Extract Sample。假設經過氧化過程後，Solution B 的吸光度較 C-1.4 題增加了 25.0 % 的吸光度，計算每 kg 的米中 Fe(II) 的重量 (單位為: mg per kg of rice)。(四捨五入至小數點後一位)

## 實驗

### 第二部分: 反應的化學計量

這部分的實驗探討了鐵和磺基水楊酸反應的化學計量，以及錯合物形成的平衡常數 ( $K_f$ )。這些可以通過繪製 喬布圖 (Job's Plot) 來完成，該圖描述“某一反應物的莫耳分率及錯合物的吸光度”之連續變化。反應物的莫耳分率 (Mole fraction) 是指溶液中特定反應物的莫耳數除以溶液中的所有反應物的總莫耳數。

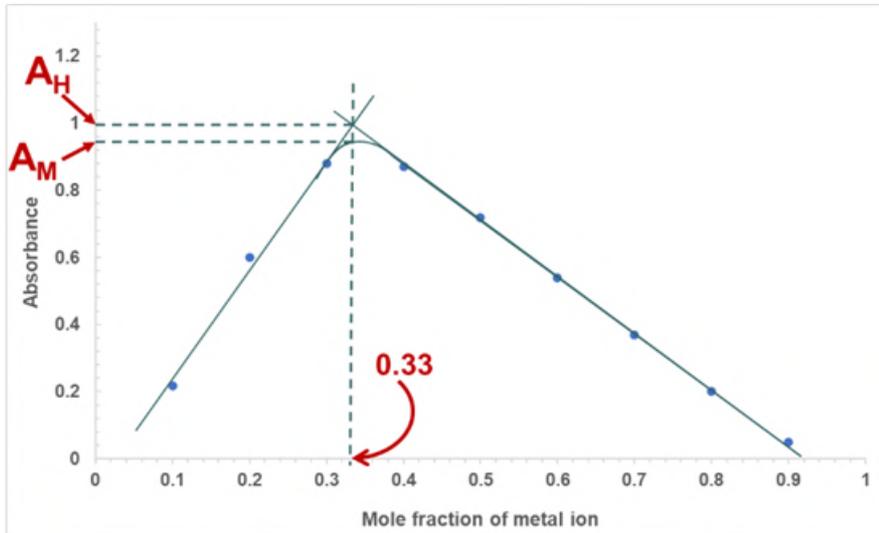
### 喬布圖 (Job's Plot) 的繪製步驟

1. 按下表所示比例將 0.01 M Fe(III) 的標準溶液和 0.01 M 磺基水楊酸 (SA) 溶液加入 25.0 cm<sup>3</sup> 的容量瓶中，用 0.1 M 過氯酸溶液將混合物調整至最終刻度體積。確保將溶液充分混合。

容量瓶編號	Fe(III), cm <sup>3</sup>	SA, cm <sup>3</sup>
1	0.50	4.50
2	1.00	4.00
3	1.50	3.50
4	2.00	3.00
5	2.50	2.50
6	3.00	2.00
7	3.50	1.50
8	4.00	1.00
9	4.50	0.50

2. 將充分混合的混合物放置至少 20 分鐘，然後使用分光光度計在 505.0 nm 波長處測量吸光度。
3. 記錄混合物的吸光度並繪製 喬布圖。如 圖C2 範例所示：金屬離子的莫耳分率 (Mole fraction of metal ion) 隨吸光度之連續變化。兩組線性曲線經外差法交點，可對應到金屬在錯合物中的

莫耳分率及反應的計量係數。



$A_M$  = 數據表中得到在此計量比下的溶液吸光度。

$A_H$  = 理論產率 100% 時的吸光度值。

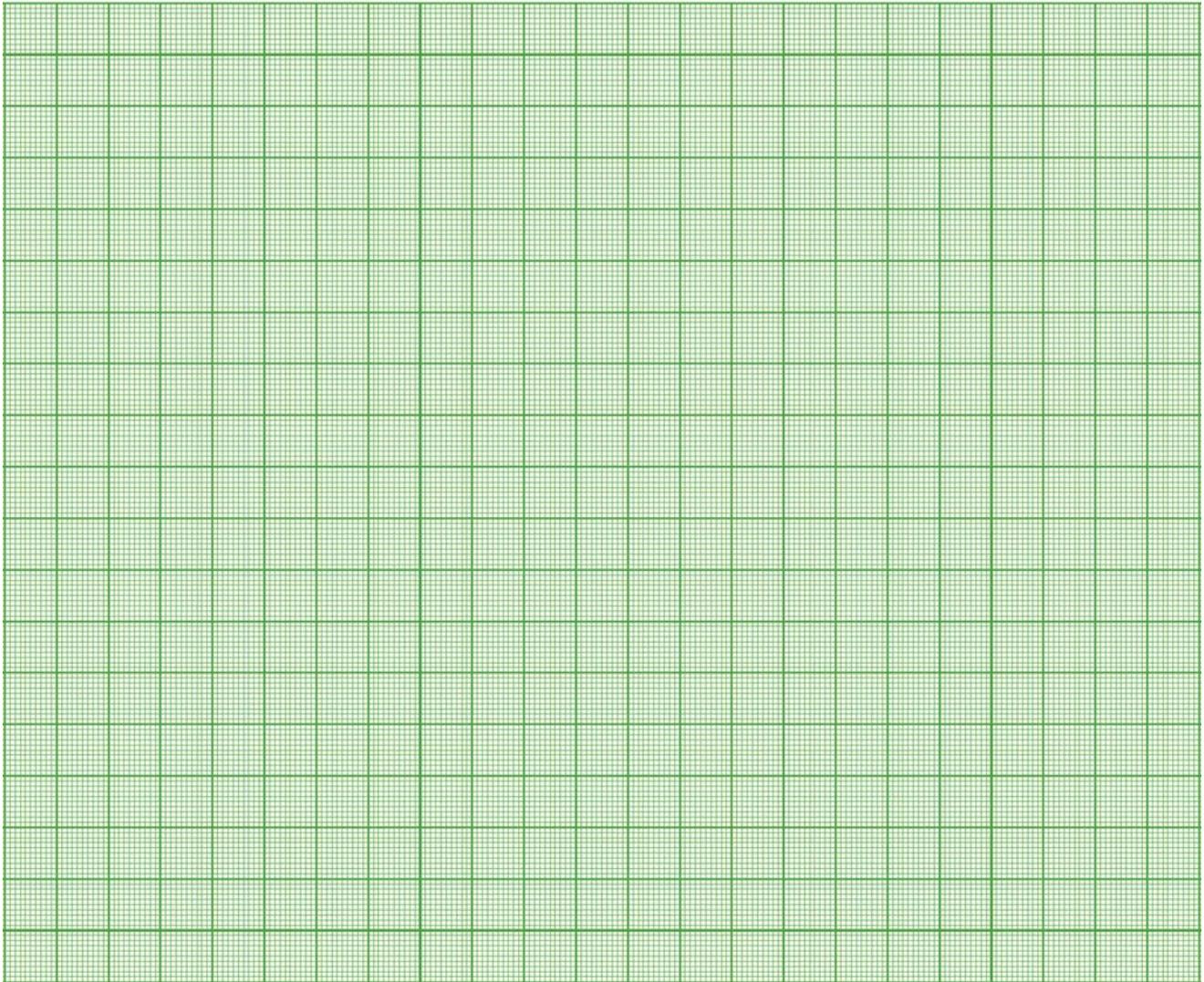
圖C2. 金屬和反應試劑以莫耳比 1:2 生成錯合物之喬布圖範例。

C-2.1) (1.0pt) 計算Fe(III)離子的莫耳分率，並在答案表中記錄錯合物的吸光度。

量瓶號	Fe(III)莫耳分率	吸收度
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

C-2.2) (0.5pt) 寫出你計算第2號量瓶中Fe(III) 離子莫耳分率的過程。

C-2.3) (3.0pt) 根據C-2.1中的數據繪製喬布圖 (Job's Plot) , 並在圖中利用與 圖 C2 相同的方式標示出  $A_H$ 、 $A_M$  和錯合物的莫耳比。





Points: 40

Time: 3 Hours

---

C-2.4) (0.2pt) 於錯合物的最大吸光度 ( $A_H$ ) 下, Fe(III) 離子和磺基水楊酸 (SA) 的理論莫耳分率是多少?

C-2.5) (0.5pt) 在紅色錯合物中, Fe(III) 和 磺基水楊酸之間的化學計量比 (整數) 是多少?

C-2.6) (0.2pt) 寫出此紅色錯合物的實驗式。參考第一部分介紹中的反應方程式。

C-2.7) (0.5pt) 在 $A_M$  的吸光度下，該錯合物的濃度是多少？（提示：使用你在 C-1.1 答案中錯合物的莫耳吸光度）

C-2.8) (0.7pt) 在C-2.7的平衡濃度下，Fe(III) 的自由離子濃度是多少？（將你的答案寫到三位有效數字）

C-2.9) (1.0pt) 計算形成此錯合物形成的平衡常數 ( $K_f$ )。

C-2.10) (0.5pt) 在 1-9 號的量瓶中，哪些量瓶中的磺基水楊酸為錯合物形成反應的限量試劑？從你的答案中選擇一個量瓶來寫出你的計算過程。

## 生物試題

儘管植物物種的鑑定通常基於可觀察的外部形態特徵，但研究植物解剖學對此目的也很重要。細胞內結構提供了額外的資訊以促進分類。

問題B1中使用的植物標本和材料

1. 1%番紅(1% safranin)
2. 1%碘(1% iodine)
3. 20 mL DI H<sub>2</sub>O (蒸餾水)，裝在玻璃滴瓶中
4. 100 mL DI H<sub>2</sub>O (蒸餾水)，裝在塑膠瓶中
5. 1 盒顯微鏡載玻片
6. 1 盒蓋玻片
7. 1盒單面刀片
8. 5毫升滴管
9. 1雙鑷子
10. 1張標籤紙
11. 9雙乳膠手套-S,M,L各3雙(供所有實驗中使用)
12. 2支解剖針
13. 1支畫筆
14. 1支簽字筆
15. 2套培養皿和蓋子

16.1 管植物標本

17.1 包衛生紙(供所有實驗中使用)

18.1 台複式光學顯微鏡

說明

對植物以橫切片製作顯微鏡標本片，並在顯微鏡下研究其解剖結構。說明如下。

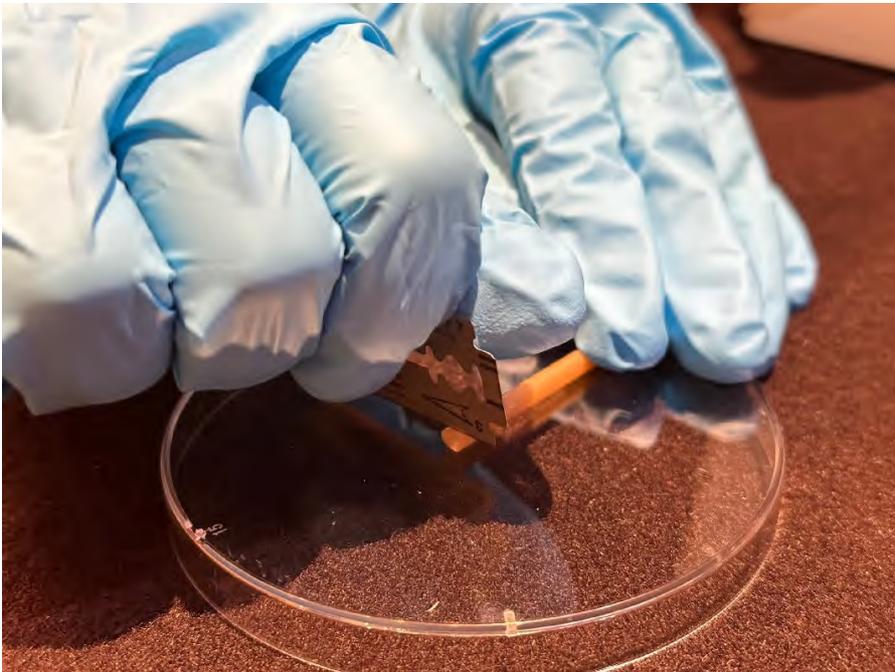
1. 番紅染料溶液的製備：

利用5 mL滴管將 10 mL 蒸餾水加入培養皿中。接下來，在培養皿中加入 2 滴 1% (w/v) 番紅。使用提供的畫筆將培養皿中的染料混合到蒸餾水中。

2. 樣本的橫切片：

使用提供的刀片為植物樣本切出薄薄的橫切片。

2.1 用一隻手將標本放在培養皿上，如下圖所示。



- 2.2 另一隻手用刀片垂直切割標本以獲得薄的橫切片。重複此步驟幾次，從標本的兩端取得多個切片。
3. 從標本兩端各選取一些切片，加入 1 滴碘。停留 3-5 分鐘。
4. 從標本的兩端各選擇一些未使用的切片，並將它們放入準備好的番紅染料混合物中。浸泡 1 分鐘。
5. 將每個標本切片轉移到單獨的顯微鏡載玻片上，在每個載玻片中添加 1-2 滴蒸餾水，並蓋上蓋玻片。
6. 在提供的顯微鏡下觀察準備好的樣品並繼續 B1 的說明。

生物學實驗考試中使用的術語表。

**氣室：**水生和半水生植物中常見的一種結構，其適應作用可促進水面浮力

**綠色組織：**一種薄壁組織，細胞內累積有大量葉綠體

**木栓層：**表皮的一部分，保護植物內部組織，發生在植物的次級生長中

**纖維：**具有厚的細胞壁，通常成分組狀排列或帶狀排列。用番紅染色後，會產生永久的紅色。

**薄壁細胞：**大小、形狀和功能各異的薄壁細胞

**周鞘：**維管束和中柱細胞的最外層，包圍木質部和韌皮部

**髓腔：**髓的中心部分崩解產生空腔

**澱粉粒：**由碳水化合物組成的質體，植物累積作為能量

**星狀薄壁組織：**一種星狀細胞，被歸類為基本組織系統內的永久組織

**表皮毛：**植物表皮的毛狀或外在生長物

**維管束：**由木質部和韌皮部組成

問題 B1 (4.9pt) 如下表 B1 所示，辨識樣本的內部特徵 (1-7)。填寫表格，如下：

- 對於每項特徵，考慮它有或沒有，然後在相應的空格中打“X”。
- 表 B1的配分：
  - 每答一正確 (1-7) 項目得 0.7分。

表 B1

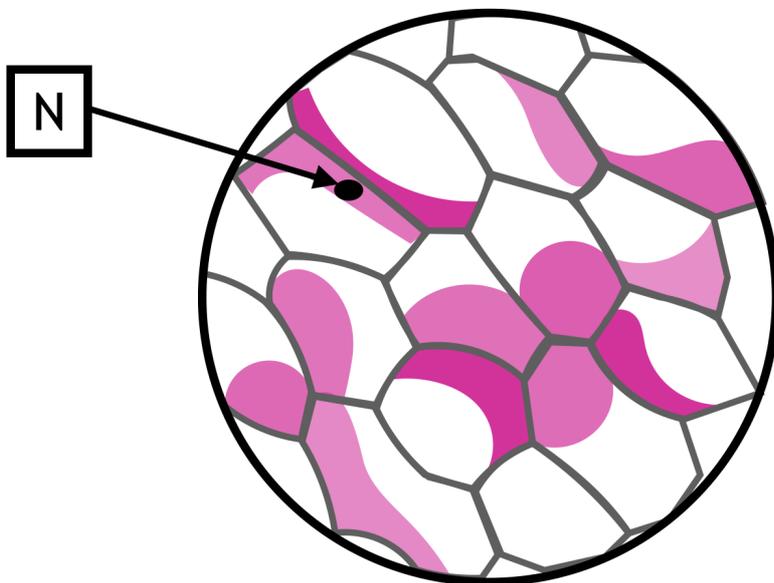
	特徵						
	1. 緊鄰表皮 下的連續 帶狀纖維 (0.7pt)	2. 緊鄰表皮 下分組的 纖維 (0.7pt)	3. 皮層中薄壁細 胞 (0.7pt)	4. 周鞘 (0.7pt)	5. 木栓層 (0.7pt)	6. 澱粉粒 (0.7pt)	7. 表皮毛 (0.7pt)
有							
沒有							

**問題 B2 (2.6pt)** 在下面圓圈中畫出在總放大倍率為 400 倍的顯微鏡下觀察到的番紅染色樣本的圖片。從預先指定的字母框中劃出箭頭來精確標示圖片上每個字母對應的特徵位置。每個特徵對應的字母如表B2所示。

表 B2

特徵	標示的字母
氣室	A
表皮下的纖維	B
星狀薄壁細胞	C
維管束	D

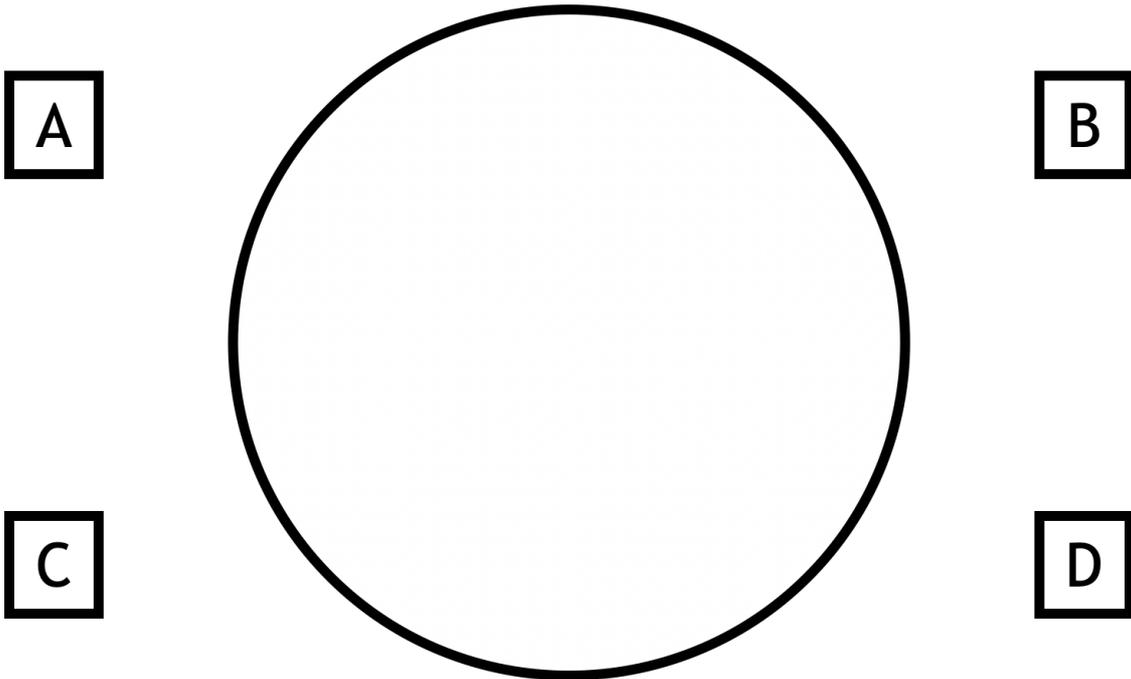
範例: "N" 指向細胞核



400X 總放大倍率

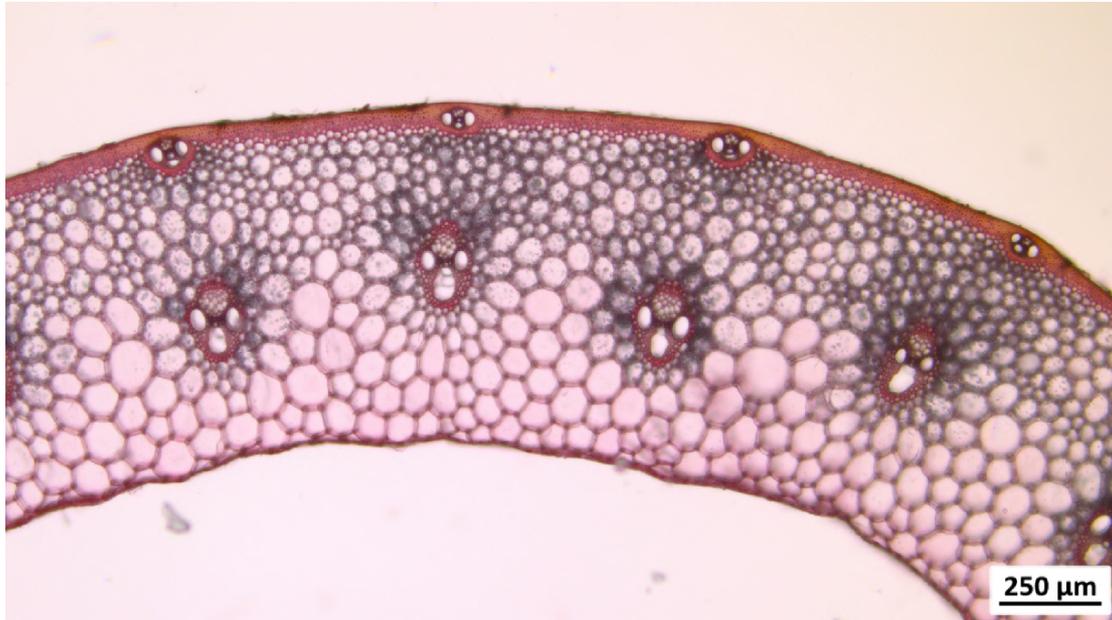
對於樣本的繪製，評分將考慮以下標準。

1. 繪畫技巧和繪畫細節 (0.2pt)。
2. 結構相對於視野大小和放大倍率的比例。(0.2pt)
3. 準確度 (例如結構的位置) (0.2pt)



圓圈代表顯微鏡下放大 400 倍時的視野。

問題 B3 (6pt) 根據下方顯微鏡拍攝的圖片，使用以下檢索表鑑定此標本的物種。在表3中填寫鑑定的步驟和鑑定出的物種。請注意，有些是假設的物種。



植物物種檢索表

1A	緊鄰表皮下方有綠色組織_____	往步驟 2
1B	緊鄰表皮下方沒有綠色組織_____	往步驟 13
2A	緊鄰表皮下方有成連續帶狀的纖維_____	往步驟 3
2B	緊鄰表皮下方有呈現分離組別的纖維 _____	往步驟 10
3A	有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 4
3B	沒有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 7
4A	有髓腔_____	往步驟 5
4B	沒有髓腔_____	往步驟 6

5A	有澱粉粒_____	物種 1
5B	沒有澱粉粒_____	物種 2
6A	有澱粉粒_____	物種 3
6B	沒有澱粉粒_____	物種 4
7A	有髓腔_____	往步驟 8
7B	沒有髓腔_____	往步驟 9
8A	有澱粉粒_____	物種 5
8B	沒有澱粉粒_____	物種 6
9A	有澱粉粒_____	物種 7
9B	沒有澱粉粒_____	物種 8
10A	有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 11
10B	沒有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 12
11A	有髓腔_____	物種 9
11B	沒有髓腔_____	物種 10
12A	有髓腔_____	物種 11
12B	沒有髓腔_____	物種 12
13A	緊鄰表皮下方有成連續帶狀的纖維_____	往步驟 14

13B	緊鄰表皮下方有呈現分離組別的纖維 _____	往步驟 17
14A	有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 15
14B	沒有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 16
15A	有髓腔_____	物種 13
15B	沒有髓腔_____	物種 14
16A	有髓腔_____	物種 15
16B	沒有髓腔_____	物種 16
17A	有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 18
17B	沒有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 21
18A	有髓腔_____	往步驟 19
18B	沒有髓腔_____	往步驟 20
19A	有澱粉粒_____	物種 17
19B	沒有澱粉粒_____	物種 18
20A	有澱粉粒_____	物種 19
20B	沒有澱粉粒_____	物種 20
21A	有髓腔_____	往步驟 22
21B	沒有髓腔_____	物種 21



Points: 40

Time: 3 Hours

---

22A	有澱粉粒_____	物種 22
22B	沒有澱粉粒_____	物種 23

表 B3

<p>鑑定樣本的步驟</p> <p>用大寫字母寫出鑑定過程的每個步驟，每個步驟都放在單獨的空格中。</p> <p>從最左邊的空格開填寫。您可以使用全部或僅部分空格。</p>											
<b>範例步驟如下:</b>	1A	2A	3A	4A	5A						
在正確的物種編號打“X”				X	2	3	4	5	6	7	8
				9	10	11	12	13	14	15	16
				17	18	19	20	21	22	23	
<b>鑑定步驟:</b>											
在正確的物種編號打“X”				1	2	3	4	5	6	7	8
				9	10	11	12	13	14	15	16
				17	18	19	20	21	22	23	