

2023 年第二十屆國際國中科學奧林匹亞競賽 --實驗題試題(上)

國立臺灣師範大學 科學教育中心

一般資訊

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 131.29				
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 [209]	85 At Astatine [210]	86 Rn Radon [222]				
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 [293]	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]							

©2014 Todd Holme
science.org

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)

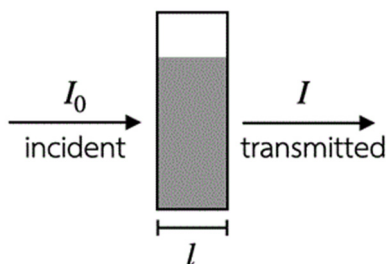


圖 P-1：強度為 I_0 的入射(incident)光穿過路徑長度為 l 的樣品，
產生強度為 I 的透射(transmitted)光。

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：

$A = \epsilon c l$	(2)
--------------------	-----

比例常數 ϵ 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。）

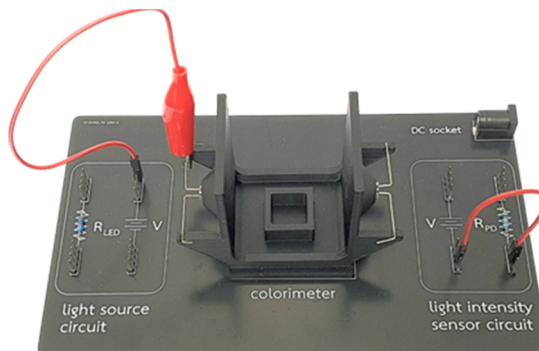


圖 P-2：顯示實驗中使用的電路板以及如何連接跳線。

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

- 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。

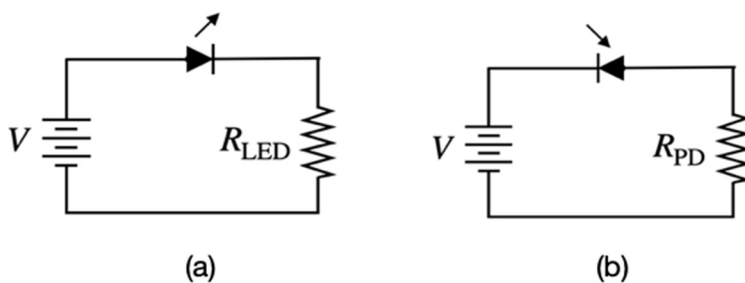


圖 P-4：(a)光源電路和 (b)光強度感測器電路的電路圖

- 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。
- 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：

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

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 $\mathcal{E}_{ac}$ 。

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，

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

其中 k 是比例常數。意指透過測量 ΔV_{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 ΔV_{RPD} 。

任務

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

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

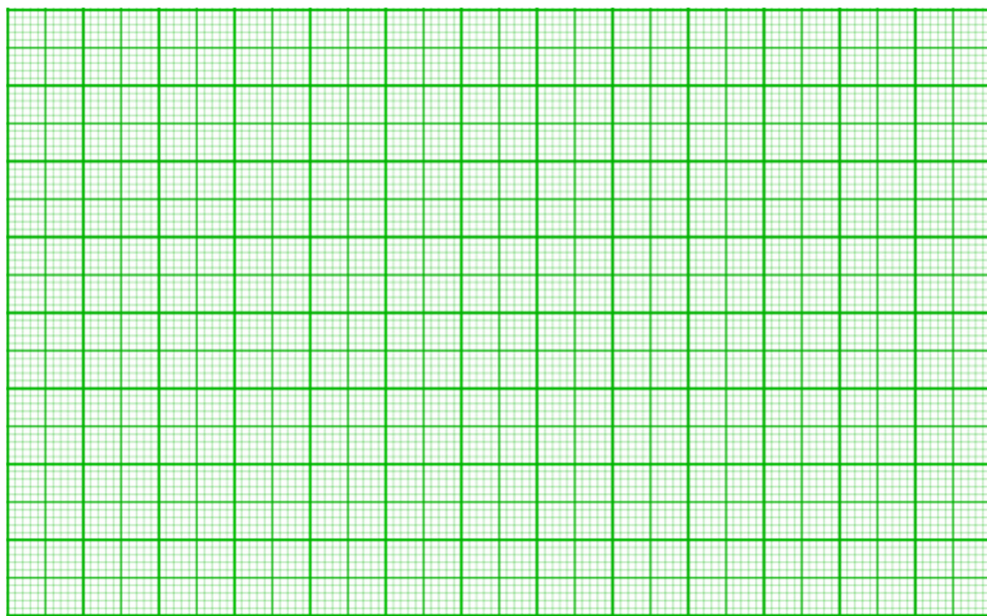
計算第四列的 A_n 值。

表 II.3 - 以 n 塊藍色壓克力板阻擋光路時的 ΔV_{RPD}

壓克力板數 (n)	板的總厚度 l (_____)	ΔV_{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 $A_n = \epsilon_{ac} \cdot l + c$ 。根據圖 P-5 求出 ϵ_{ac} 和 c 的值，不須加不確定度。注意， ϵ_{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 ΔV_{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：

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

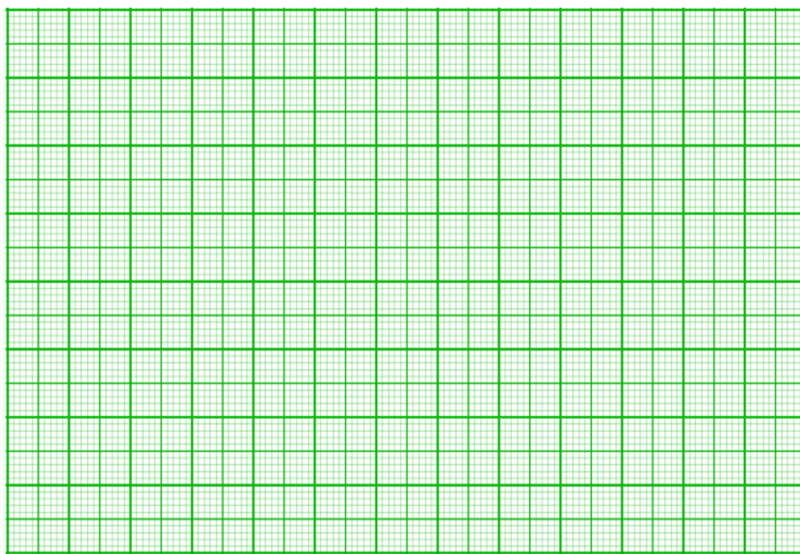
此處 $\Delta V_{RPD,n}$ 是比色管編號 n 的 ΔV_{RPD} 。

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

比色管編號 n	濃度(ppm) c	ΔV_{RPD} (_____)	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 δ 來自 A 和 c 的測量差異。

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

$\epsilon l =$

$\delta =$

計算過程:

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:

【待續】