

109學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽

化學科決賽

實 作 一

考試時間：100 分鐘

分數：_____

【注意事項】

1. 實驗進行中，請全程穿上實驗衣、戴上安全護目眼鏡，並請遵守實驗安全法則取藥及操作實驗，若有需要可以戴上口罩。
2. 實驗器材使用前請自行清洗乾淨；實驗所備藥品絕對足夠使用，已考慮實驗者技術與考試公平性，不再額外提供藥品。
3. 若實驗中不慎打破玻璃器材，則不再補發；請務必小心使用。本實驗室提供之公用器材，如：蒸餾水、衛生紙、有刻度的塑膠滴管及標籤紙可自行取用。
4. 本實驗乃基於環保理念而設計，所有使用的廢液均可直接倒入水槽。
5. 實驗結束後，將剩餘藥品及廢液倒入水槽並清洗藥瓶及實驗器材，另將其依序分類並放置於指定區域內；若有疑問可詢問現場監考老師指示處理。
6. 只可使用試場所提供之電子計算機。

一、實驗器材及藥品

個人藥品及器材：

名稱	數量	名稱	數量
50 mL 陰離子型界面活性劑 1	1 瓶	25 mL 定量瓶	3 個
100 mL 陰離子型界面活性劑 2	1 瓶	100 mL 定量瓶	1 個
100 mL 鈣離子溶液(20000 ppm)	1 瓶	10 mL 吸量管	3 支
50 mL 滴定管及滴定管夾	1 組	100 mL 燒杯	5 個
漏斗	1 個	250 mL 燒杯	2 個
安全吸球	1 個	125 mL 錐形瓶	1 個
計算機	1 台	10 mL 量筒	1 支
500 mL 洗滌瓶	1 個	50 mL 量筒	1 支
塑膠滴管	10 支	標籤紙	1 張

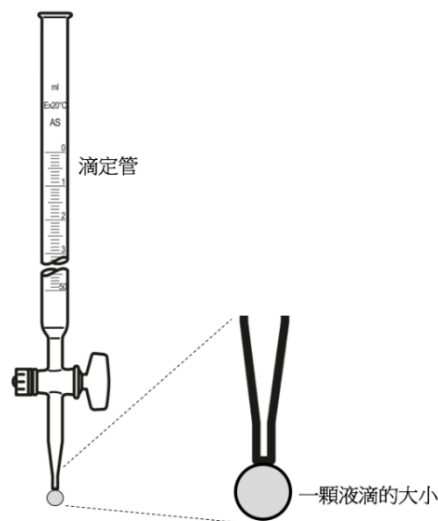
公用器材：請至講台或公用區取用。

蒸餾水	拋棄式 手套	衛生紙	標籤紙	塑膠 滴管	清潔劑	抹布	刷子
-----	-----------	-----	-----	----------	-----	----	----

二、原理及目的

在酸鹼滴定中，快到達當量點時，一小滴的滴定試劑，即可使指示劑顏色發生很大的變化；因此，精確測量一滴液滴的體積，是很重要的事。

當滴定試劑中含有其他介質，例如乙醇或甘油，會影響表面張力，導致滴定液滴的大小也會改變。當滴定試劑中含有界面活性劑時，表面張力也會被改變，此時由滴定管滴下一滴液滴的體積亦會改變。



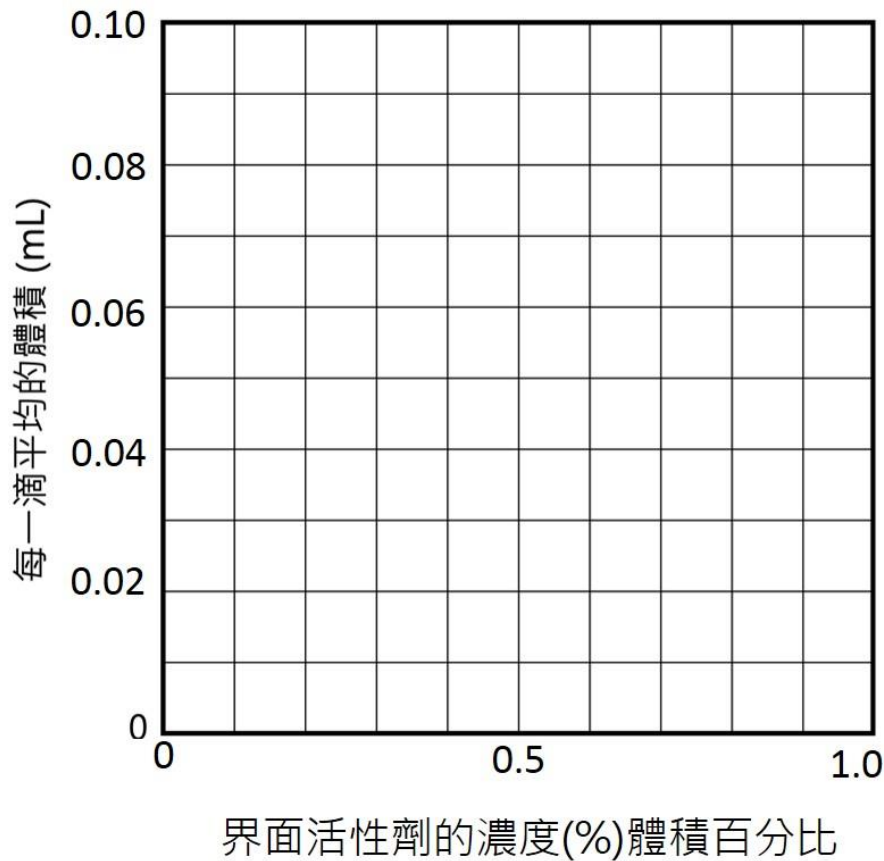
但是當界面活性劑濃度超過某一數值時，滴定管滴出來一滴水溶液的體積就幾乎不會有太大變動；此時界面活性劑的濃度，正好就是臨界微胞濃度。這是因為水中界面活性劑超過臨界微胞濃度時，可使表面張力盡量維持在某一定值；當界面活性劑的濃度低於臨界微胞濃度時，就無法形成為微胞；然而界面活性劑在軟水和硬水中的臨界微胞濃度值並不相同。

(※本實驗為簡化之方法，僅配合 100 分鐘化學競試之用，並非標準檢驗方法！得分重點在於實驗操作的仔細度及思考判定)

三、實驗及問答

實驗 1：請使用實驗桌上之界面活性劑溶液 1（已知體積百分比濃度＝2%），求出該界面活性劑近似的臨界微胞濃度值。(50 分)

- (1) 將上述溶液倒入滴定管中。觀測滴定管體積變化，計算平均液滴的體積，畫在下列表格中（滴數越多，誤差越小，但是會花掉較多時間，請自己斟酌，要滴幾滴，才能獲得最好的結果）。
- (2) 將界面活性劑溶液稀釋，重複上述操作方法，計算平均液滴的體積後畫在下列表格中。
- (3) 重複上述步驟，並將所有結果直接畫在下圖中。

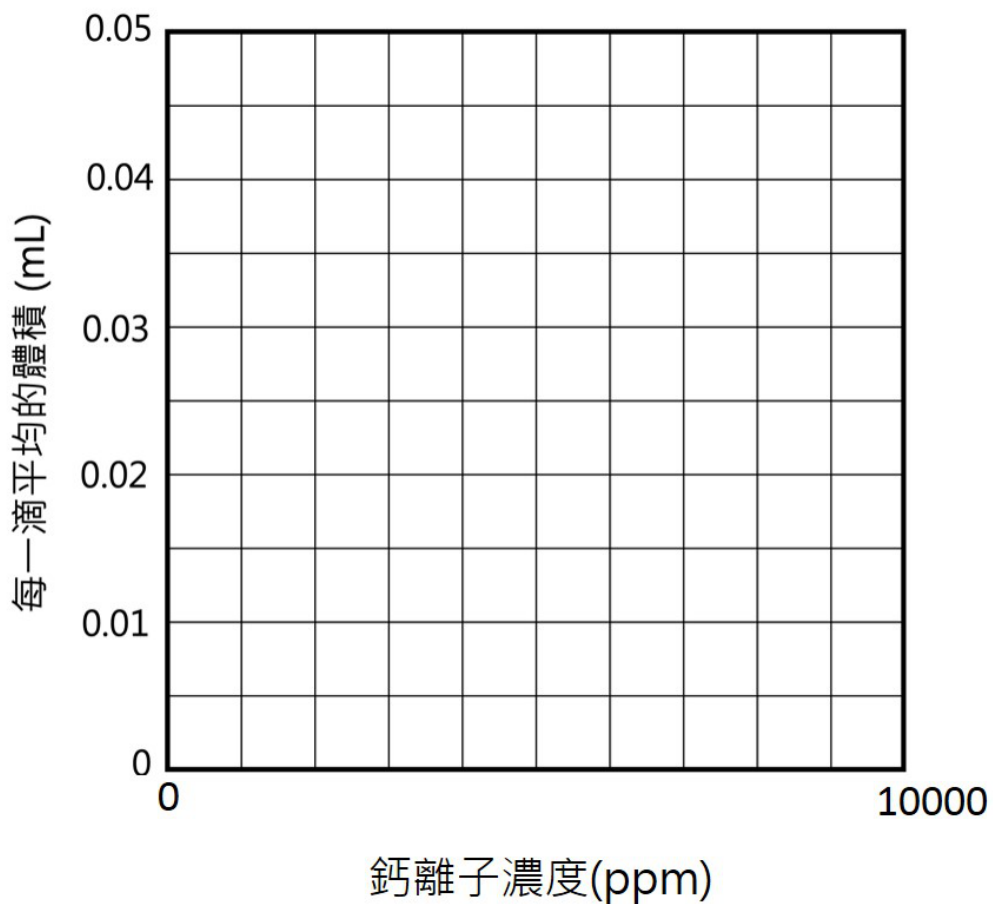


問 1：上述實驗中得到的臨界微胞濃度值是多少？

答：_____

實驗 2：使用實驗桌上之界面活性劑溶液 2 與鈣離子溶液(20000 ppm)，找出鈣離子如何改變界面活性劑的行為，而導致液滴表面張力有明顯變化。
(50 分)

- (1) 固定界面活性劑之濃度，使用上述兩種試劑配製成不同比例之混合溶液後，倒入滴定管中並觀測滴定管體積變化，計算平均液滴的體積，畫在下列表格中。
- (2) 滴定管滴下的每一顆液滴平均體積當作 Y 軸;不同的鈣離子濃度當作 X 軸，將所有結果直接畫在下圖中。



問 2：當加入不同鈣離子溶液時，每一顆液滴平均體積是增加？還是減少？
還是先增加後減少？還是先減少後增加？

答：_____

問 3：表面張力最小的時候，鈣離子濃度是多少？

答：_____

109學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽

化學科決賽

實 作 二

考試時間：100 分鐘

分數：_____

【注意事項】

1. 實驗進行中，請全程穿戴實驗衣及安全護目眼鏡；取藥及操作實驗時請遵守實驗安全法則。
2. 實驗桌上之實驗藥品及器材均絕對足夠使用，若因個人因素不慎造成器材藥品短缺時，可請求補充，但將視考題要求扣減成績。
3. 本實驗室所提供的公用器材如蒸餾水、衛生紙、塑膠滴管可自由取用。
4. 器材使用前、後均需以清水清洗乾淨；實驗完畢後請依指示清理桌面與廢液。
5. 本實驗所使用過的廢液可直接倒入水槽。
6. 只可使用試場提供之電子計算機。
7. 本試題共 12 頁，缺頁或破損時，立即尋求補換。
8. 實驗數據須記錄於試卷內規定位置，文字力求清晰，不得潦草。
9. 實驗開始前請務必先在每一張試卷上寫上你的編號。

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 181.0	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.0	89 Ac 227.0	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 (269)	111 (272)	112 (277)						
												114 (289)					

氮化合物的含量測定分析

一、實驗說明：

在酸性水溶液中，芳胺(aromatic amine)與含氮化合物生成重氮、偶合反應，所形成的化合物能吸收特定波長的可見光(吸收度)。由於在此波長的吸收度與化合物的濃度有關。於特定濃度範圍內，測量一系列該波長的吸收度將與樣品濃度呈線性關係，利用線性迴歸以求出一條直線，此線便稱檢量線。

$$Y = a \times X + b \quad a \text{ 與 } b \text{ 為實驗求出的常數}$$

利用此檢量線，便可藉由溶液的吸收度測量出未知溶液的含氮量。

在實驗 A 中，我們將利用光電比色計定量分析出水溶液中含氮化合物的濃度，進一步的求出未知樣品中氮的含量。

在實驗 B 中，腐敗食品中會產生微量的氨氣，因為氣體不易進行檢測，因此利用氨氣易溶於水的特性，可由酸鹼滴定法測量氨的水溶液濃度，進行氨氣含量測定。

二、實驗藥品與器材：

個人藥品：

發色劑 A 紅點標示的瓶身及蓋子	20 mL	0.054M 硫酸 綠點標示的罐子	50 mL
發色劑 B 銀點標示的瓶身及蓋子	10 mL	0.05M 氫氧化鈉 黃點標示的罐子	100 mL
Unknown 1 標示 1 的罐子	20 mL	Unknown 氨水溶液 紫點標示的罐子	50 mL

Unknown 2 標示 2 的罐子	20 mL	標準液 NaNO_2 (含氮量 100 ppm) 藍點標示的罐子	10 mL
Unknown 3 標示 3 的罐子	20 mL	混合指示劑 (乳帽滴瓶)	1 罐

個人器材：

器材名稱	數量	器材名稱	數量
比色管	1 支	125 mL 錐形瓶	3 個
100 mL 定量瓶	2 個	50 mL 滴定管	2 支
600 mL 燒杯	1 個	滴定管架	1 個
250 mL 燒杯	5 個	漏斗	1 個
100 mL 燒杯	3 個	試管	5 支
10 mL 量筒	1 個	試管架	1 個
25 mL 量筒	1 個	安全吸球	1 個
50 mL 量筒	1 個	2 mL 吸量管	1 支
100 mL 量筒	1 個	5 mL 吸量管	1 支
塑膠滴管	數支	10 mL 吸量管	1 支

公用器材：

光電比色計	蒸餾水	拭鏡紙	衛生紙
-------	-----	-----	-----

-光電比色計需依照編號使用，器材請重複使用

-本實驗所提供藥品量足以完成實驗，如不敷使用，可向監考人員索取藥品。一旦索取藥品，將會進行扣分，每次領取扣成績 5 分。

三、實驗

實驗 A. 建立檢量線及測量未知溶液中氮的含量：

利用比爾定律(Beer's law)即光線通過某物質溶液時透過光的強度，液層寬度、濃度和吸收度有下列關係。因此可使用光電比色計作未知物濃度測定

$$A = \epsilon bc$$

A：吸收度(absorbance), ϵ ：莫耳吸收係數(molar absorptivity)

b：光行走途徑長, c：濃度(concentration)

第一部分：建立檢量線測量未知溶液中氮含量

(1) 取 5 個燒杯，使用標準溶液製備所需濃度各 50 mL（濃度依序為：

0.50 ppm、0.75 ppm、1.00 ppm、1.25 ppm、1.50 ppm），並記錄過程

(2) 分別加入發色劑 A：2.0 mL 及發色劑 B：0.5 mL

(3) 靜置待反應 30 分鐘（請注意時間安排）

(4) 測量未知溶液中氮含量。實驗流程同步驟 (1) ～ (3)，唯將標準溶液換成

Unknown 1～3 溶液

(5) 反應後先用單一濃度溶液，藉由光電比色計找出實驗最佳使用的吸收波長 λ ，並記錄

(6) 將所製備的標準溶液裝入光電比色管，以光電比色計測量吸收度，並記錄於表一

(注意：更換濃度時以低濃度→高濃度，光電比色管不可用水洗，需使用待測液潤洗。光電比色計需自行設定工作波長 (nm)，儀器歸零後，再進行測量。光電比色計的使用說明，請參見附錄 p.12)

問題與記錄

1、假設今天需以 NaNO_2 自行配置含氮量 100 ppm 的標準溶液 1 L (密度 1 g/cm^3)，

需要使用多少克的 NaNO_2 (1 分)

計算式：

2、簡述如何配置標準品濃度：(10 分)

含氮濃度	取何種濃度及體積	所使用的器材	最終體積
0.50 ppm			
0.75 ppm			
1.00 ppm			
1.25 ppm			
1.50 ppm			

編號：_____

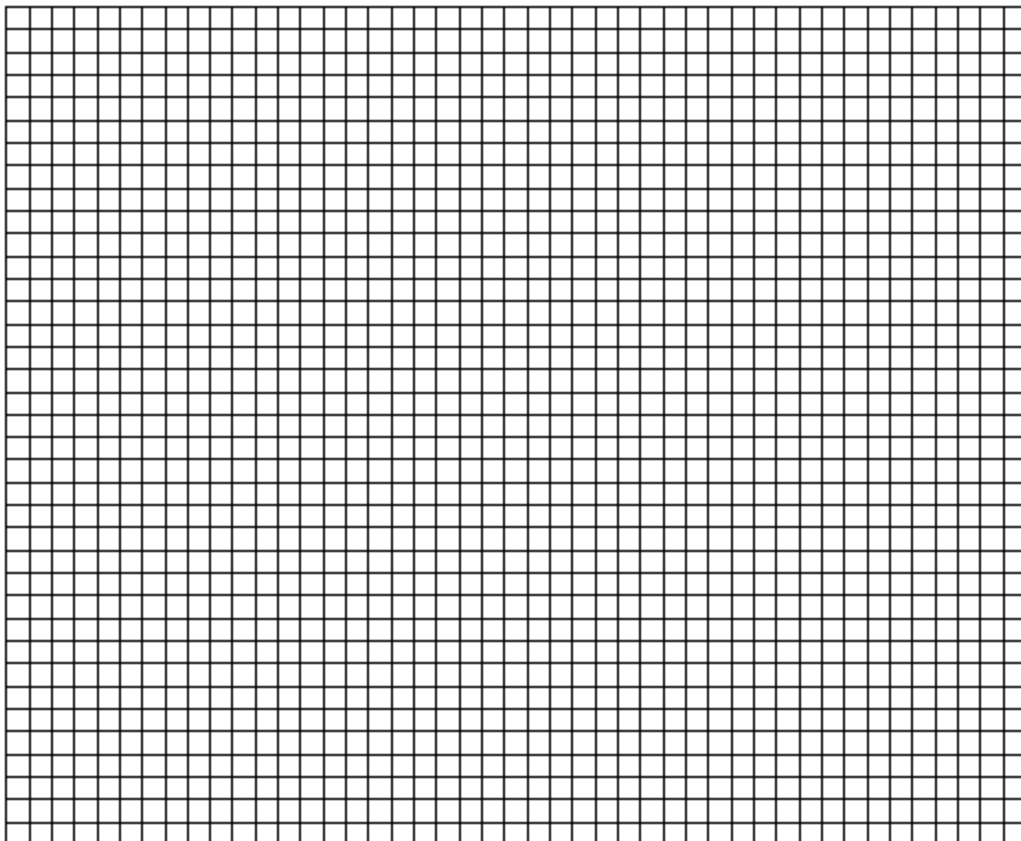
3、先測量樣品於下列波長之吸收度，從結果判斷何者為最佳波長（5分）

濃度 (ppm)	420 nm 吸收度	500 nm 吸收度	540 nm 吸收度	575 nm 吸收度

最佳吸收波長(λ) = _____ nm

表一 測量不同濃度樣品於上述最佳吸收波長下之吸收度並繪圖於方格紙中（7分）

濃度	0.50 ppm	0.75 ppm	1.00 ppm	1.25 ppm	1.50 ppm
吸收度					



根據表一，利用電子計算機，輸入濃度(X 軸)及吸收度(Y 軸)數值，求出線性方程

式($Y = a \times X + b$)。 (9 分)

$$Y = \frac{\quad}{(a, \text{為斜率})} X + \frac{\quad}{(b, \text{為截距})} \quad R^2 = \frac{\quad}{(R^2, \text{迴歸係數})}$$

計算式：

第二部分：測量未知溶液中氮含量

(1)現有 Unknown 1~3 溶液，其濃度介於 2.5 ppm ~ 10.0 ppm，請描述如何在合理的範圍內製備未知物稀釋溶液，並列出最終稀釋倍數及稀釋過程，請注意時間安排。 (3 分)

Unknown 1：_____

Unknown 2：_____

Unknown 3：_____

使用的吸收波長(λ) = _____ nm (測量稀釋後的吸收度)

No.	Unknown 1	Unknown 2	Unknown 3
吸收度			

按表一測定的吸收度，再以所求出檢量線，計算未知溶液中氮的含量。 (9 分)

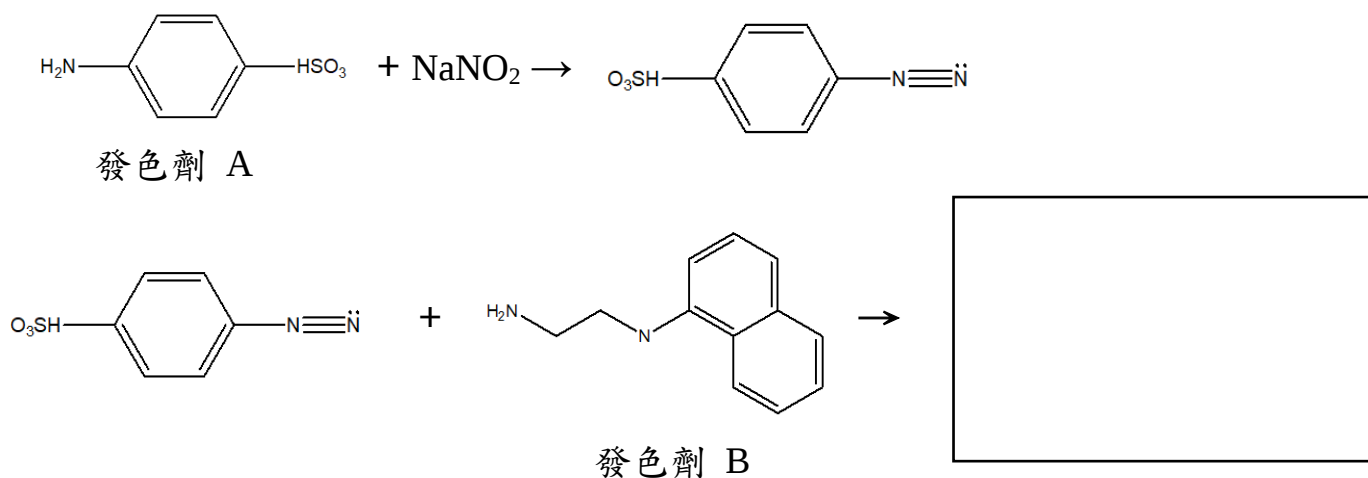
● Unknown 1：_____ ppm

● Unknown 2：_____ ppm

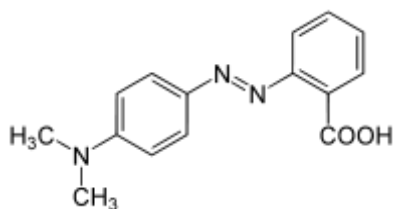
● Unknown 3：_____ ppm

第三部分：延伸問題

1. 本實驗是屬於重氮偶合反應，加入發色劑反應後產生具有吸光的化合物。下列反應已知重氮反應之產物，請推測偶合反應之最終產物結構為何？(4分)



2. 承上，某偶氮染料（結構如下圖示）相較於上述反應之產物，若僅從結構考慮共軛雙鍵與吸收能量之關係，推斷其顏色為何？簡述原因。(4分)



波長 (nm)	光的顏色	互補顏色
400 – 450	紫	黃
450 - 500	藍	橘
500 – 550	綠	紅
550 – 600	黃	紫
600 – 650	橘	藍
650 – 700	紅	綠

實驗 B. 利用酸鹼中和的概念去測量腐敗食品中微量的氮含量**第一部分：實驗說明**

酸鹼水溶液之濃度可用簡單且準確的酸鹼滴定的方法來測量。請根據此原理，使用本實驗中所提供的藥品，自行設計實驗流程以求出未知含氮水溶液的濃度。

本實驗所提供的指示劑為甲基紅與溴甲酚綠的混和。混合指示劑利用顏色的互補，讓變色呈色明顯。請注意其變色範圍及顏色如下，須小心分辨。

溶液的 pH 值/顏色	<4.0	5.1	>6.2
甲基紅	紅色	橙紅色	黃色
溴甲酚綠	黃色	綠色	藍色
混和指示劑	橙色	淺灰色	綠色

【注意事項】

1. 實驗前請確實設計並規劃實驗流程。
2. 每次滴定進行時請確實**搖晃均勻**再判定滴定終點。
3. 實驗桌上之器材與藥品均足夠使用。本實驗關鍵為事前規畫及操作精細度。因此，若實驗後藥品有不足者，雖可以申請，但是每次領取扣成績 5 分。
4. 實驗器材使用前後均需清洗乾淨。
5. 可使用考場所提供之計算機。

第二部分：引導問題

1. (a) 已知 H_2SO_4 之 K_{a1} 很大， $K_{a2}=1.2\times 10^{-2}$ ，求 $0.1\text{ M H}_2\text{SO}_4$ 水溶液中之 $[\text{H}^+]$ ？

(3 分)

(b) 在 25°C 時，以 0.20 M HCl 滴定 0.10 M NH_3 的水溶液 50 mL ($\text{NH}_{3(\text{aq})}$ $K_b=1.8\times 10^{-5}$)。達當量點的 pH 為多少？ (3 分)

2. 請描述所規劃的實驗設計流程 (10 分)

3. 若本實驗中的氫氧化鈉水溶液尚未標定。請說明除了現有的試劑外，你需要那些額外的試劑才能完成標定實驗。越精簡越佳。 (6 分)

第三部份：實驗記錄及計算

1、將實驗數據填入下列表格，你可以決定多少次滴定，才可得到具再現性的數據，以供平均。

滴定物：_____ 及 濃度：_____ M；被滴定物：_____ (6 分)

	滴定物	被滴定物
第一次滴定	_____mL	_____mL
第二次滴定	_____mL	_____mL
第三次滴定	_____mL	_____mL

簡述滴定反應顏色變化：_____

滴定物：_____ 及 濃度：_____ M；被滴定物：_____ (6 分)

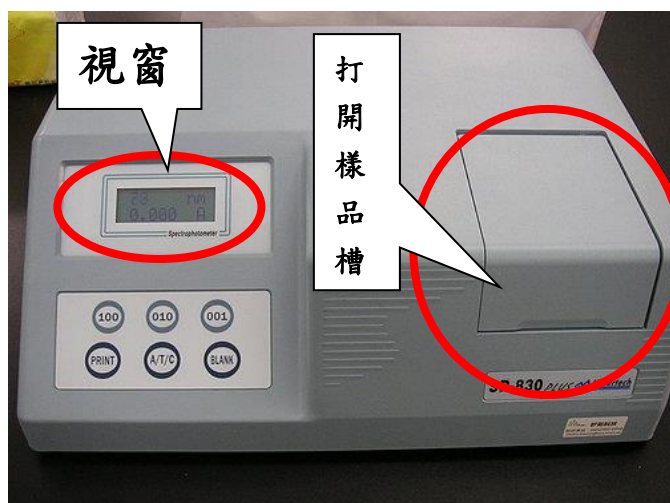
	滴定物	被滴定物
第一次滴定	_____mL	_____mL
第二次滴定	_____mL	_____mL
第三次滴定	_____mL	_____mL

簡述滴定反應顏色變化：_____

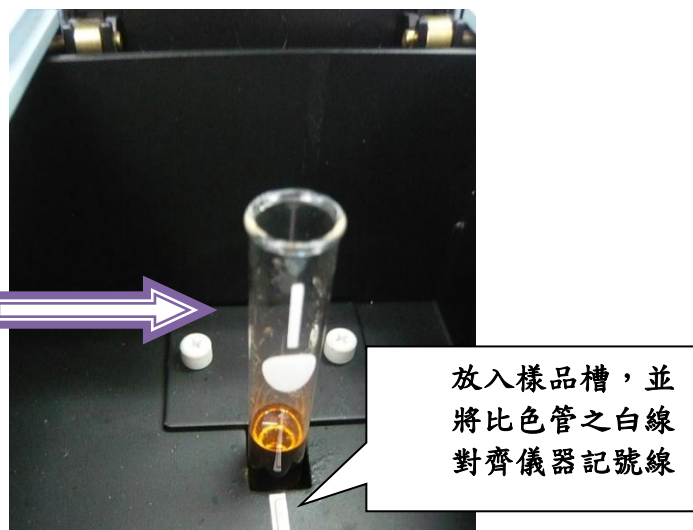
2、計算出水溶液中氮的含量：_____ M (14 分)

附錄：分光光度計的使用說明

光電比色計需調好固定波長，將比色管(內裝 3 mL 的待測溶液)外面先使用拭鏡紙擦拭後，置入於光電比色計的待測位置(如圖二)，蓋上蓋子，讀取讀數(吸收度)到小數點第 3 位，即可取出。(注意:請依據你們的編號使用光電比色計，每次所用的光電比色計必須是同一台，其讀數才不會有相對誤差)



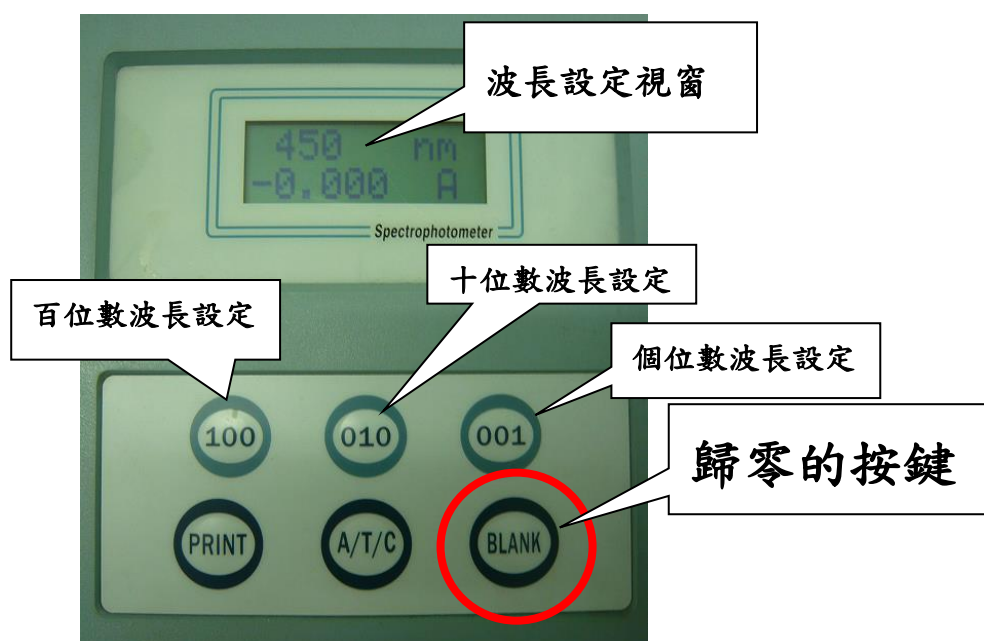
圖一



圖二

歸零：將空氣(內部不放入任何物品)作為歸零步驟，按下

BLANK



圖三 若吸收度是 0.000 則直接測量後紀錄即可。