

2021 年第十八屆國際國中科學奧林匹亞競賽 --實驗競賽試題(上)

國立臺灣師範大學 科學教育中心

一般資訊

- Avogadro' s constant $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Electronic charge $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Molar gas constant $R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
- Molar gas constant $R = 0.0821 \frac{\text{L atm}}{\text{mol K}}$
- Molar gas constant $R = 1.982 \frac{\text{cal}}{\text{mol K}}$
- Planck' s constant $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$
- Speed of light (in vacuum) $c = 2.998 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- 1 atomic mass unit $1u = 931.5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$
- Specific heat of water $= 4.2 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg})(\text{K})}$
- 1 Dalton $= 1.661 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Nm}^{-2} = 1 \text{ atm}$
- $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
- Acceleration due to gravity $g = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- 1 Litre $= 10^3 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
- Density of water $= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- Mechanical equivalent of heat $= 4.186 \frac{\text{J}}{\text{cal}}$
- 1 atmosphere $= 101325 \text{ Pa}$
- Refractive index of water $= 1.33$
- $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$

IUPAC Periodic Table of the Elements																	
1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]																	2 He helium 4.0026
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.0122											5 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	8 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]											13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.086 [28.084, 28.088]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.948
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium 101.07(2)	44 Ru ruthenium 101.07(2)	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(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson

57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(3)	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 173.05	71 Lu lutetium 174.97
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium



Q1-1:利用全反射(TIR) 測定高濃度氯化鈉和甘油溶液的折射率(14 分)

在開始實驗前，請閱讀一般說明。

溶液的折射率和濃度的關係

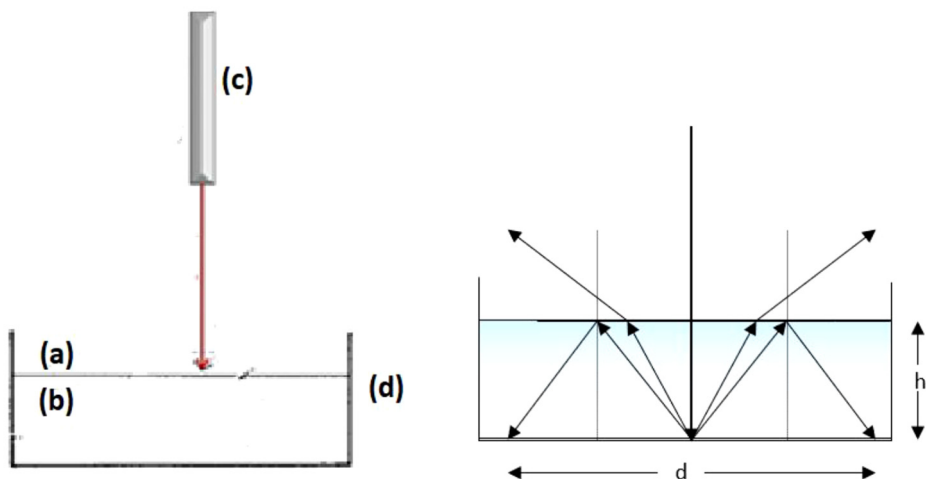
介紹：

基本原理：

當光入射表面，會發生反射和折射。若表面不平（粗糙），光線向各方向散射；若表面是透明介質，則大部分光穿透（折射）而小部分光反射。若表面不透明且經過拋光（如金屬表面），則所有光線反射。

本實驗中，綠色雷射光垂直入射到容器內的水中。全部容器壁均垂直底部。雷射光首先入射光滑的水面，而從容器粗糙的底面散射，同時在底面上產生亮綠色斑點。散射光會從各個方向返回水中。光再次遇到頂部光滑的水表面並發生反射、折射和另一種稱為全反射的現象（見圖1）。

以大於臨界角的角度到達水面的散射光線，會發生全反射，造成一個由亮環包圍的黑暗區域。



(a) 空氣(b) 液體(c) 雷射指示器(d) 裝有液體的容器

圖 1：(左) 觀察現象的器材設置。(右) 光路圖。

Q1-2:根據折射率和臨界角的定義，可得：

$$\mu = \frac{1}{\sin(\theta_C)} = \frac{\sqrt{(\frac{d}{4})^2 + (h)^2}}{\frac{d}{4}} = \frac{\sqrt{(d)^2 + 16 \times (h)^2}}{d} \quad \text{--- (1)}$$

其中 μ 是液體的折射率 (RI)， d 是黑暗區域的直徑， h 是液體的高度/深度。此公式可適用於任何透明液體介質。

由式-(1)

$$(d)^2 \times (\mu)^2 = (d)^2 + 16 \times \frac{(V)^2}{(A)^2}$$

其中 A 是容器水平橫截面的等效面積， V 是體積。 $h = \frac{V}{A}$

直徑(d) 為折射率和容器面積(A) 的函數：

$$d = \frac{4}{A \times \sqrt{\mu^2 - 1}} \times V = S \times V \quad \text{--- (2)}$$

直徑與體積成正比，其比例常數 S 由下式給出：

$$S = \frac{4}{A \times \sqrt{\mu^2 - 1}} \quad \text{--- (3)}$$

使用折射率已知的液體，可以求得 A 。容器水平橫截面的等效面積

$$A = \frac{4}{s \times \sqrt{\mu^2 - 1}} \quad \text{--- (4)}$$

本實驗是使用水的折射率(1.33) 去測定食鹽和甘油溶液在高濃度時的折射率。

溶液的百分率濃度：

體積百分濃度(V/V) 定義為100 毫升溶液中以毫升為單位的溶質體積。因此，任何溶質的50% 溶液是100 毫升溶液中有50 毫升溶質。

Q1-3:目標：

1. 30% NaCl 溶液和甘油折射率的測定。
2. 測定折射率 RI 和甘油水溶液濃度的關係。

器材：本實驗提供以下器材：

序號	項目	規格	數量
01	綠色雷射指示器	波長-532 nm	1 支 + 1 備用
02	滴定管支架	如最終組裝所示	1 支
03	燒杯	500 毫升	3 個
04	注射針筒	50 毫升	1 支
05	數位式溫度計	測量室溫	1 台
06	玻璃攪拌器(玻棒)	用於製備溶液	1 支
07	容器	如圖所示	1 個
08	氯化鈉 (NaCl) 溶液	濃度 30%，來自 AR 等級鹽	500 毫升
09	甘油	AR 等級	500 毫升
10	蒸餾水	溶液 + 清洗	5000 毫升
11	紙巾		
12	安全護目鏡	偏光片	1 副
13	兩腳規	螺絲可調	1 支
14	鋼尺(標尺-可選)	最小刻度 0.5 mm	1 支
15	放大鏡	高品質	1 支

警告：

避免眼睛直視光線和其反射光。
避免長時間盯着光點，建議在不進行測量時關閉雷射。



Q1-4:實驗

第 0 部分室溫測量 (0.2 分)

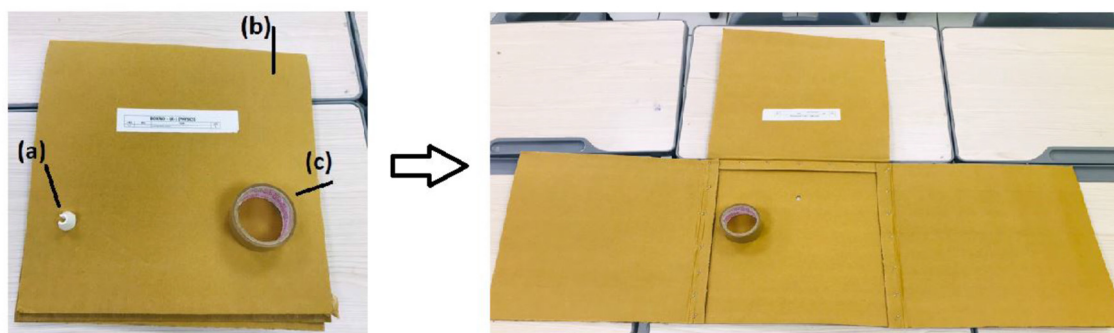
A.0 使用提供的溫度計測量室溫，並將讀值記錄在答案卷上。

(記錄完成後，請監考老師簽名)

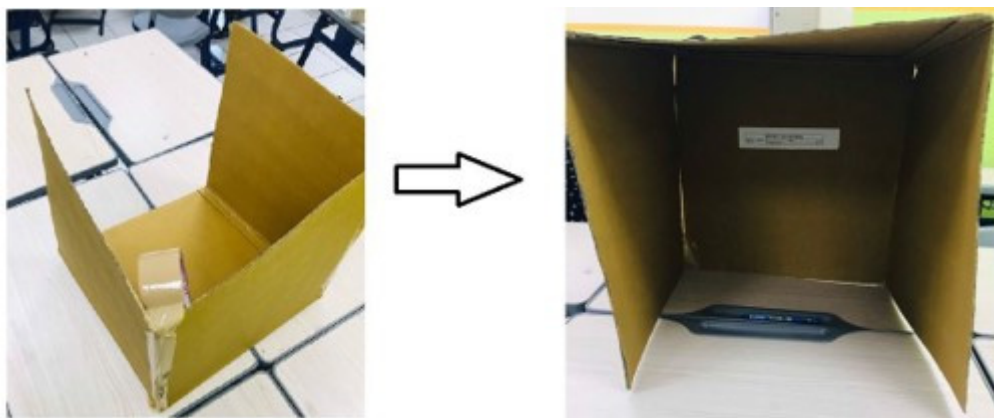
(0.2pt)

設置器材的步驟：

步驟 1：製作紙板箱。



(a) 紙板支架 (b) 紙板箱 (c) 膠帶



Q1-5:

務必戴安全護目鏡。如果原來就戴眼鏡，安全護目鏡請再戴在上面。不要直視雷射光。

不進行測量時請關閉雷射。

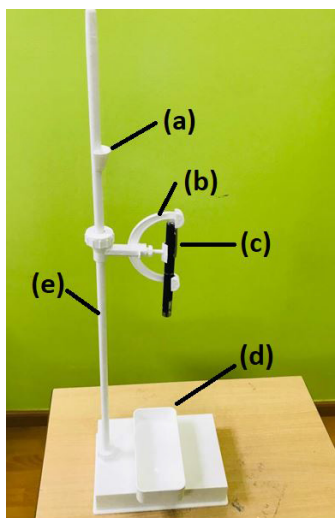
不使用甘油時，應蓋好蓋子。

$$1\text{ml} = 1\text{cm}^3$$

第一部分用蒸餾水求得容器橫截面的等效面積（A）（3.6 分）

步驟2：在滴定管支架上安裝綠色雷射指示器。

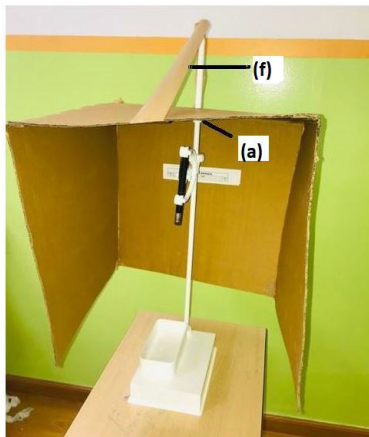
雷射指示器應該是垂直的。



（a）紙板支架（b）魚形夾（c）雷射（d）不透明矩形容器（TIR 容器）（e）支架桿

Q1-6:

步驟3：安裝紙板箱在滴定管支架上。



（a）紙板支架（f）用於支撐的膠帶。

Q1-7:

觀察的程序：

設置器材：

雷射夾於滴定管支架上，使開關被支架中的握把壓住。(需要關閉時，只需將雷射繞垂直軸旋轉，釋放開關上的壓力。要打開時，再轉回原先的位置)。

確保放置容器的支架底座水平。

不進行測量時，請關閉雷射。

將容器放光束的下方，使雷射光束落在容器的底部。

(i) 在容器中加入50 毫升的蒸餾水。打開雷射，立即可見一明亮的環內有一個黑暗的圓形區域。

A.1 (ii) 使用提供的兩腳規和鋼尺，測量黑暗圓形區域的直徑。為了更好觀察黑暗圓形區域的直徑，請使用放大鏡。將你的讀值記在答案卷的表1 中。

(iii) 重複步驟(i) 和(ii)，以50 毫升為單位加水，共取六組數據。 **(1.2pt)**

A.2 (iv) 在答案卷上作圖，在給定的圖紙上畫圖(Graph 1 - plot 1)，以黑暗圓形區域的直徑 (d) 為縱軸，以體積 (V) 為橫水平軸。

注意：(0,0) 將是要繪製在圖形上的附加數據點（要繪製的數據點總數為7）
繪製使用符號時

(.) 點= 水

用於標記圖形上的點 **(1.8pt)**

A.3 (v) 計算圖線的斜率($S = d/V$) **(0.2pt)**

A.4 (vi) 由斜率和公式(4) 計算容器橫截面的等效面積(A)。 **(0.4pt)**

Q1-8:

第二部分：30% 氯化鈉溶液折射率的測定（2.9 分）

大會提供500 毫升的30% 氯化鈉溶液。

(i) 用紙巾擦拭、清潔容器，並且使其乾燥。

B.1 (ii) 使用固定濃度的氯化鈉溶液，按照第1 部分的步驟(i) 至(iii) 進行。在答案卷的表2 中填下你的數據。 **(1.2pt)**

- B.2** (iii) 在答案卷上作圖，(請用已經畫上圖1 的作圖紙畫上本圖，同樣使用直徑為縱軸，體積為橫軸)，數據點請用不同的符號以作區別，畫出圖線後標示為圖(Graph 1 -plot 2)。

注意：(0,0) 是要繪製在圖形上的附加數據點（要繪製的數據點總數為7）

繪製使用符號時

(+) 加= NaCl 溶液

用於標記圖形上的點

(1.6pt)

- B.3** (iv) 計算圖線的斜率。

(0.2pt)

- B.4** (v) 由斜率和在第1 部分中的A 值計算30%NaCl 溶液的折射率。

(0.4pt)

Q1-9:

第 3A 部分 甘油折射率的測定（3.4 分）

大會提供 500 毫升的甘油

- (i) 請用紙巾擦拭、清潔容器，並且使其乾燥。

- C-1.1** (ii) 使用所提供的純甘油，依照第1 部分的步驟(i) 至(iii) 進行實驗，在答案卷的表3a 中填下你的數據。

- C-1.2** (iii) 在答案卷上作圖，(請用已經畫上圖1 和圖2 的作圖紙畫上本圖，同樣使用直徑為縱軸，體積為橫軸)，數據點請用不同的符號以作區別，畫出圖線後標示為(Graph 1 - plot 3)。

注意：(0,0) 是要繪製在圖形上的附加數據點

(要繪製的數據點總數為7)

繪製使用符號時

(*) 星= 甘油

用於標記圖形上的點

(1.6pt)

- (iv) 在此部分實驗不要混雜實驗用液體，在接下來的3B部分會要用到它。

- C-1.3** (v) 由實驗數據圖線計算斜率。

(0.2pt)

- C-1.4** (vi) 由此部分實驗得到的斜率，以及第1 部分所得到的面積A，計算甘油的折射率。

(0.4pt)

Q1-10:

第3B 部分折射率與甘油溶液濃度之間的關係(3.4 分)

甘油與水在任何比例皆可互溶，不過要得到均勻的混合物，你需要充分攪拌它。在這一個部分，你將測量不同濃度的甘油水溶液的折射率。

(i) 使用注射針筒從容器中吸取150 毫升的甘油，容器中剩餘的甘油量即為150 毫升。

C-2.1 (ii) 測量半徑d 值。在答案卷上的表格3b 中填入體積和直徑。

(iii) 在容器中加入50 毫升的水，緩慢並且充分的攪拌混合，形成均勻的溶液。

(iv) 計算溶液的新濃度。

(v) 測量半徑d 值。在答案卷上的表格3b 中填入體積、直徑和濃度。

(vi) 重複步驟(iii) 到步驟(v)，再進行二次的稀釋溶液實驗。 **(1.6pt)**

計算此溶液的比例常數S 與折射率。將這兩個數值填入到答案卷上的表3b。

C-2.2 (vi) 在答案卷上畫出以折射率為縱軸，濃度為橫軸的圖2(graph -2)。

注意：(0,1.33) 將是要繪製在圖表上的附加數據點。

(要繪製的數據點總數為5) **(1.4pt)**

在本階段你已經測量了30% 的氯化鈉水溶液以及甘油的折射率，也已經決定了甘油溶液的濃度和折射率間關係。

請選出正確的選項，回答下列問題。

C-2.3 折射率如何隨著甘油溶液的濃度變化而改變？

a. 隨著濃度增加而增加

b. 隨著濃度增加而減少

c. 不隨濃度變化而改變 **(0.2pt)**

C-2.4 你預期氯化鈉水溶液的折射率如何隨其濃度變化而改變？

a. 預期隨著濃度增加而增加

b. 預期隨著濃度增加而減少

c. 預期不隨濃度變化而改變 **(0.2pt)**

Q2-1:**椰棗糖漿樣品中葡萄糖含量的測定(8 分)**

在開始作答前，請閱讀一般說明。

棗樹（*Phoenix dactylifera*）在中東和沙漠地區大量存在。該樹的拉丁文名稱被認為來自希臘語 *Phoenix daktulos*，意思是紫色或紅色的手指。在阿聯酋，已故的謝赫-扎耶德-本-蘇爾坦-阿勒納哈揚是該國農業復興的創始人。他鼓勵阿聯酋人民在傳統的綠洲邊界之外種植椰棗，這對整個國家的椰棗蓬勃發展有很大的作用。這個偉大的成就把沙漠變成了居民的豐富天堂；今天的阿聯酋把這種古老的超級水果帶到了一個新的全球市場，這使阿聯酋成為世界上椰棗種植的領導者。椰棗可以製成各種食品。



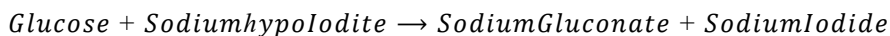
椰棗富含糖分，由兩種異構碳水化合物組成--葡萄糖（分子式 $C_6H_{12}O_6$ ）和果糖（分子式 $C_6H_{12}O_6$ ）。葡萄糖是所有生物體中最重要能量來源。

葡萄糖含有一個醛基（ $-CHO$ ），因此是一種醛糖。果糖含有一個酮基（ $-C=O$ ），因此是一種酮糖。葡萄糖在鹼性介質中可被碘定量氧化為葡萄糖酸（ $C_6H_{12}O_7$ ），如此就可以在果糖存在的情況下測出葡萄糖的含量。

在有 $N a_2CO_3$ 的情況下，用碘溶液處理棗糖漿。

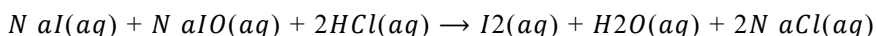


葡萄糖 + 次碘酸鈉 → 葡萄糖酸鈉 + 碘化鈉

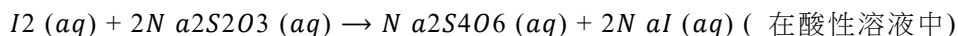


葡萄糖：次碘酸鈉 = 1：1

加酸後，碘酸鹽（I）（次碘酸鹽）又轉化為碘。



氧化完成後，用澱粉作為指示劑，用 $N a_2S_2O_3$ 溶液逆滴定剩餘的碘。



Q2-2:提供你的物品如下：

化學藥品	標記為	供應數量
椰棗糖漿	椰棗糖漿樣品	在塑膠容器中
密封瓶中的碘液	碘	100 mL
燒杯內 0.10M	0.10M $Na_2S_2O_3$	150 mL
燒杯內 15% Na_2CO_3	15% Na_2CO_3	50 mL
燒杯內 2M HCl	2M	100 mL
澱粉	澱粉指示劑	15 mL 離心管
蒸餾水	蒸餾水	一瓶 1000 mL
器材	標記為	數量
支架上 25mL 滴定管	B	1
10 mL 移液管	P_1, P_2	2
移液器		2
250 mL 含塞玻璃瓶		3
150 mL 錐形瓶	C_1 至 C_3	3
漏斗		1
100 mL 容量瓶		1
10 mL 量筒		1
以蒸餾水清洗的瓶子		1
滴管		1
150 mL 燒杯		1

- 10 mL 量筒用於15% 碳酸鈉、2M 鹽酸和澱粉指示劑。確保每次使用前都有清洗。
- 如有必要，可自由使用實驗室中現有的符合實驗要求的燒杯、錐形瓶和漏斗。

步驟

i) 碘溶液的標定

1. 以3-5 mL 的0.1 M $Na_2S_2O_3$ 潤洗滴定管B1。
2. 用漏斗將0.1M $Na_2S_2O_3$ 倒入滴定管B1。

在提供給你的答題紙上的觀察表1 中記下滴定管的初始讀數。

3. 用移液管 P_1 精準取10 mL 碘溶液放入150 mL 錐形瓶 C_1 中。
4. 用量筒將約20mL 的蒸餾水加入所取的碘液中。
5. 用滴定管B1 內的0.1M $Na_2S_2O_3$ 對碘溶液進行滴定，直到出現淡黃色或淺褐色。

- 用 10 mL 量筒取 2 mL 澱粉指示劑加入，溶液變成藍色，繼續滴定，終點是顏色從藍色變為無色。
- 使用錐形瓶 C2 和 C3 重複滴定兩次。

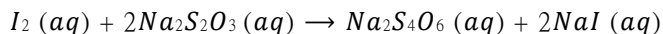
Q2-3:

2.1 在觀察表 1 中記錄你的滴定讀數並記下滴定管讀數。 (3.0pt)

2.2 計算碘溶液的莫耳濃度。 (0.5pt)

ii) 棗糖漿中葡萄糖的估算

- 用漏斗將 0.1M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 填入滴定管 B 1。
- 在提供給你的答題紙上的觀察表 2 中記下滴定管的初始讀數。
- 用溫熱的蒸餾水溶解塑膠容器中的棗糖漿。將溶液定量轉移到 100 mL 容量瓶 V1 中，用滴管以蒸餾水稀釋至刻度。(你可以用漏斗來轉移葡萄糖溶液。)
- 插入塞子，搖動溶液使其均勻分布。將均勻化的溶液移到一個有標示的 150 mL 燒杯中。
- 使用移液管 P2，取 10 mL 均勻溶液置於 250 mL 的玻璃塞瓶中。
- 用 10 mL 的量筒，加入大約 10 mL 的 15% Na_2CO_3 溶液，並使用移液管 P1 準確地加入 10 mL 碘溶液。
- 塞住瓶子，在黑暗中放置約 30 分鐘。用另外兩個 250 mL 的玻璃塞瓶重複步驟 5 和 6，並將它們在黑暗中各放置約 30 分鐘。
- 30 分鐘後，用量筒加入 10 mL 的 2M HCl ，蓋上瓶塞，搖勻（碘會釋放出來）。
- 從滴定管 B1 中滴入 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ，直到出現淺黃色/淺棕色，然後用 10 mL 量筒加入 2 mL 澱粉指示劑（得到深藍色），繼續滴定。
- 終點是顏色從深藍色變為無色。
- 重複滴定法兩次。



2.3 在觀察表 2 中記錄你的滴定讀數，並記下滴定管的讀數。

葡萄糖的莫耳質量 = 180 g/mol

詢問給你的棗糖漿的質量 $m(\text{g}) = \dots\dots\dots \text{g}$ 。

觀察結果。

1. 計算加入在 10 mL 棗糖漿中的碘溶液的莫耳數 = $\dots\dots\dots$

2. 計算在葡萄糖氧化反應中仍未使用的碘的莫耳數 = $\dots\dots\dots \text{moles}$

【待續】