

2019 年第十六屆國際國中科學奧林匹亞競賽

-- 實驗競賽試題

國立臺灣師範大學 科學教育中心

時間：4 小時

分數：40 分

一般資訊

Constant	
Acceleration due to gravity 重力加速度	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
Universal gas constant 理想氣體常數	$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
	$R = 0.08206 \text{ L} \cdot \text{atm/mol} \cdot \text{K}$
Refractive index of air 空氣折射率	$n = 1$
Avogadro's constant 亞弗加厥常數	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Speed of light 光速	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$
Planck' s constant 普朗克常數	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Specific heat capacity of water 水的比熱	$c_w = 4.18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$
Pressure 壓力	$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa}$
Density of water 水的密度	1 g/mL
Standard Deviation (s) 標準差	$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]																	18 He helium 4.0026				
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]		4 Be beryllium 9.0122		Key: atomic number Symbol name standard atomic weight standard atomic weight												13 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	14 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	15 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	16 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	17 F fluorine 18.998 [18.998, 19.000]	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990 [22.989, 22.991]	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]	21 Sc scandium 44.956 [44.955, 44.957]	22 Ti titanium 47.867 [47.867, 47.868]	23 V vanadium 50.942 [50.942, 50.943]	24 Cr chromium 51.996 [51.996, 51.997]	25 Mn manganese 54.938 [54.938, 54.939]	26 Fe iron 55.845 [55.845, 55.846]	27 Co cobalt 58.933 [58.933, 58.934]	28 Ni nickel 58.693 [58.693, 58.694]	29 Cu copper 63.546 [63.546, 63.547]	30 Zn zinc 65.38 [65.38, 65.39]	31 Ga gallium 69.723 [69.723, 69.724]	32 Ge germanium 72.630 [72.630, 72.631]	33 As arsenic 74.922 [74.922, 74.923]	34 Se selenium 78.971 [78.971, 78.972]	35 Br bromine 79.904 [79.904, 79.905]	36 Kr krypton 83.796 [83.796, 83.797]				
37 Rb rubidium 85.468 [85.468, 85.469]	38 Sr strontium 87.62 [87.62, 87.63]	39 Y yttrium 88.906 [88.906, 88.907]	40 Zr zirconium 91.224 [91.224, 91.225]	41 Nb niobium 92.906 [92.906, 92.907]	42 Mo molybdenum 95.94 [95.94, 95.95]	43 Tc technetium 98.906 [98.906, 98.907]	44 Ru ruthenium 101.07 [101.07, 101.08]	45 Rh rhodium 102.91 [102.91, 102.92]	46 Pd palladium 106.42 [106.42, 106.43]	47 Ag silver 107.87 [107.87, 107.88]	48 Cd cadmium 112.41 [112.41, 112.42]	49 In indium 114.82 [114.82, 114.83]	50 Sn tin 118.71 [118.71, 118.72]	51 Sb antimony 121.76 [121.76, 121.77]	52 Te tellurium 127.60 [127.60, 127.61]	53 I iodine 126.90 [126.90, 126.91]	54 Xe xenon 131.29 [131.29, 131.30]				
55 Cs caesium 132.91 [132.91, 132.92]	56 Ba barium 137.33 [137.33, 137.34]	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49 [178.49, 178.50]	73 Ta tantalum 180.95 [180.95, 180.96]	74 W tungsten 183.84 [183.84, 183.85]	75 Re rhenium 186.21 [186.21, 186.22]	76 Os osmium 190.23 [190.23, 190.24]	77 Ir iridium 192.22 [192.22, 192.23]	78 Pt platinum 195.08 [195.08, 195.09]	79 Au gold 196.97 [196.97, 196.98]	80 Hg mercury 200.59 [200.59, 200.60]	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2 [207.2, 207.3]	83 Bi bismuth 208.98 [208.98, 208.99]	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 [138.91, 138.92]	58 Ce cerium 140.12 [140.12, 140.13]	59 Pr praseodymium 140.91 [140.91, 140.92]	60 Nd neodymium 144.24 [144.24, 144.25]	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36 [150.36, 150.37]	63 Eu europium 151.96 [151.96, 151.97]	64 Gd gadolinium 157.25 [157.25, 157.26]	65 Tb terbium 158.93 [158.93, 158.94]	66 Dy dysprosium 162.50 [162.50, 162.51]	67 Ho holmium 164.93 [164.93, 164.94]	68 Er erbium 167.26 [167.26, 167.27]	69 Tm thulium 168.93 [168.93, 168.94]	70 Yb ytterbium 173.05 [173.05, 173.06]	71 Lu lutetium 174.97 [174.97, 174.98]
89 Ac actinium 227.04 [227.04, 227.05]	90 Th thorium 232.04 [232.04, 232.05]	91 Pa protactinium 231.04 [231.04, 231.05]	92 U uranium 238.03 [238.03, 238.04]	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

介紹

卡達因所在的地理位置及沙漠氣候，無法從河流或他處取得淡水，故海水成為卡達人民最重要的用水來源，占了日用水的一半。

用水的自供自給為首要課題，卡達現在主要利用加溫式淡化科技，每年生產大量的淡水。

卡達主要的淡水工廠有三座：

Ras Abu Fontas B-1

Ras Laffan-A

Ras Laffan-B

水質對人及其他動物均十分重要，影響水質的因子之一為鹽的含量，有些研究指出鹽水會降低駱駝奶的產量，另一方面，也有研究報導並無明顯影響。

各位 IJSO 科學家能否利用你的物理、化學及生物學知識，區辨海水及經處理的淡水？

開始時，會提供給你四種不同的水樣本，由於你需在樣本中進行選擇，你不可以用口嚐的方式來進行判別，用口嚐的方式可能會對你造成傷害。

因此，讓我們採用簡單(但安全)的物理、化學及生物學方法來完成本項作業。

任務 1:**使用生物方法檢測受污染的水樣**

假設你身處一個海水淡化工廠的實驗室中，一個淡水樣本不小心與其他樣品弄混了。其中一個是海水，另外兩個樣本是淡水樣本被生物物質污染，分別為白蛋白(蛋白質)、澱粉。

原理:

- i. **蛋白質(=多肽):**由胺基酸組成。一個胺基酸的胺基(NH₂)和另一個相鄰的氨基酸的羧基(COOH)以肽鍵相鍵結。在雙縮脲試劑(Biuret reagent)中的銅離子會與至少兩個肽鍵產生溶液顏色的改變。
- ii. **碳水化合物:**有多種型式，例如單糖、雙糖和多醣(例如:肝醣、澱粉以及纖維素)。在 Lugol's 溶液中，澱粉與碘作用產生顏色改變。
- iii. **滲透作用:**是水分子以擴散作用通過選擇性通透膜。水自由通過細胞的細胞膜。鹽溶液是高張的，因此，活細胞在海水中，會迫使水份移出細胞外。

Tools and Materials:工具與材料

未知樣本	提供給你下列四個樣本，分別標示為: BIOL-A, BIOL-B, BIOL-C, BIOL-D。
玻璃和塑膠器皿	試管 10 支、試管架 2 個、試管夾 3 個、3 毫升拋棄式塑膠吸管 5 個、10 毫升量筒 1 個、10 毫升吸量管 1 個、10 毫升吸量管移液器 1 個，顏色標籤。
化學藥品和試劑	Lugol's 碘試劑、雙縮脲 (Biuret)溶液

A 部分: Lugol's(碘)檢測**步驟:**

1. 輕輕搖晃未知樣本溶液，從每一樣本中取 2 毫升分別加入一支乾淨的試管中。
2. 每一試管加入 3 滴 Lugol's 碘溶液
3. 在黃色答案卷的表 1 記錄獲得的顏色，在對應的欄位中打勾(√)。

表 1: Lugol's 碘檢測數據。所有答案要記錄在黃色答案卷中				
觀察到的顏色	樣本 (BIOL-A)	樣本 (BIOL-B)	樣本 (BIOL-C)	樣本 (BIOL-D)
黃棕色				
藍黑色				

B 部分:雙縮脲(Biuret)檢測

步驟:

1. 輕輕搖晃未知溶液，從每一樣本中取 4 毫升分別加入一支乾淨的試管中。
2. 於每一試管中分別加入 4 毫升雙縮脲溶液(Biuret solution)並混合。
3. 在黃色答案卷的表 2 中記錄獲得的顏色，在對應的欄位中打勾(√)。

表 2. 雙縮脲試劑獲得的數據。所有答案要記錄在黃色答案卷中。				
觀察到的顏色	樣本 (BIOL-A)	樣本 (BIOL-B)	樣本 (BIOL-C)	樣本 (BIOL-D)
紫色				
藍色				

在此階段，你已經能夠確認及分離出被汙染的水樣本。剩下的兩個樣本是淡水或者海水。如果你還不確定，可以使用乾淨試管重複 A 及/或 B 部分的實驗。

C部分:

現在你要用生物檢測的方法鑑定這兩個樣本哪一個是海水。

工具與材料:

- | | |
|------|---|
| 玻璃材料 | 載玻片、蓋玻片 |
| 設備 | 複式顯微鏡、計時器 |
| 其他 | 吸水紙、拋棄式塑膠吸管、鑷子、紅洋蔥、手套、解剖刀、面罩、護目鏡、切菜板、封口袋。 |

安全性預警:

1. 洋蔥可能造成部分學生眼睛的不適。
2. 你可能需要使用面罩或護目鏡以避免任何不適。
3. 小心使用可能容易破裂的載玻片及蓋玻片。

廢棄物拋棄

請將不要的洋蔥放入封口袋中。

步驟:

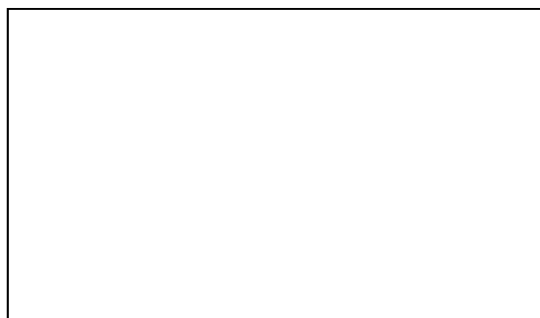
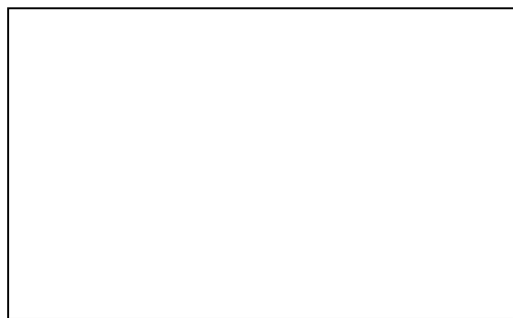
1. 將新鮮洋蔥片切成大約 1cm² 大小，細心地撕下單一層的表皮(紅色表皮)。
2. 製備兩個玻片標本，在每一張玻片放上撕下的紅色表皮。
3. 在其中一個載玻片上滴入 1-2 滴一個水樣本的水，貼上標籤，寫上樣本的名稱。
4. 在另一個載玻片上加入 1-2 滴另一個水樣本的水，貼上標籤，寫上樣本的名稱。
5. 蓋上蓋玻片，用吸水紙小心去除多餘的液體。
6. 等待至少 4 分鐘，再用複式顯微鏡檢查各樣本，開始時先使用最小的放大倍率。

分析及問題:所有答案需要記錄在黃色答案卷中。

1. 使用顯微鏡觀察玻片，大大的畫出你觀察到每一樣本的一個細胞，標示出樣本名稱作為標題，寫出放大倍率，然後用下列符號標示出繪圖。

提供完整標示的生物繪圖，包含放大倍率(兩個玻片樣本)以及利用下列代碼標示生物構造。

W	細胞壁
X	細胞核
Y	中央液胞
Z	原生質膜



根據你觀察到的紀錄，回答下列問題(所有答案要記錄在黃色答案卷中):

2. 確認水樣，在相關欄位中打勾(√)

	BIOL-A	BIOL-B	BIOL-C	BIOL-D
淡水				
海水				
被白蛋白污染的淡水				
被澱粉污染的淡水				

3. 洋蔥細胞在淡水中，可描述為...
 - I. 腫脹的
 - II. 軟弱的
 - III. 原生質萎縮的
 - IV. 以上皆非

4. 血球細胞沒有如同植物細胞的構造，你認為若將一個血球細胞放入淡水中，30 分鐘後可能會發生甚麼？
 - I. 原生質萎縮
 - II. 收縮
 - III. 維持原樣
 - IV. 血球破裂溶解

任務 2:

使用物理方法進一步驗證水樣品的鹽度

假設從任務 1 中識別出的兩個樣本未正確標記，現已混淆。請依據物理知識和工具，執行任務 2，再次辨別兩個樣本（區分海水與淡水）。

方法 1 (光學):

折射率是任何光學介質（如水）的重要光學特性。折射率的測量通常用於檢驗液體的純度和估計可能的雜質濃度。本實驗中，“雜質”就是鹽。概念是，加入鹽後，水的折射率會增加。

有數種測量水中鹽濃度變化時折射率變化的技術。折射率的變化通常非常小（在小數點後第二位）然而，如果你非常謹慎和高精度地進行以下實驗，可測量到此變化。本實驗的這一部分，將使用相對簡單但有效的技術，來計算水樣品的折射率。

原理：

當將物(本實驗為箭頭)放置在凹面鏡的鏡前，距離等於其曲率半徑 (PR) 處時，與箭頭大小相等的倒立實像，將在該反射鏡的曲率中心處形成。

當您在凹面鏡的反射面上放置像水一樣的液體並重複上述相同的實驗時，您會發現圖像現在位於距離PR'處 (參見下圖)。本實驗中，物是刻在木板上的箭頭縫。

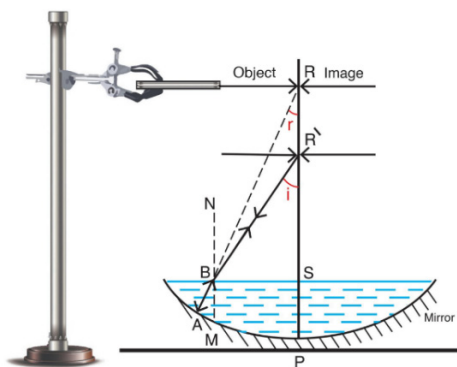


圖 1. 實驗的示意圖 (未依比例繪製)。

本實驗中，有數個幾何近似：

- (1). 如果在反射鏡面上只加少量的水，則可以完全忽略距離PS。這是由於鏡子的曲率半徑相對大。
- (2). 由於鏡子的光圈非常小，曲率半徑較大，因此角度 i 和角度 r 非常小，BR 和 BR' 的距離可以分別近似為距離 SR 和 SR'。

鏡子上有水時，來自位置R'物體的入射光線在水-空氣邊界沿路徑 (BA) 折射，以使其於點A處的鏡子的曲面反射表面垂直下降。反射的光線將跟隨在水中的AB及其在空氣中的路徑在R處與主軸交匯。同時，空氣中的實際折射線沿BR'傳播。因此，現在是在R'處形成大小相等的倒立實像。因此，距離SR' (忽略PS距離) 將是注水凹面鏡的視曲率半徑。

用 i 表示入射角，用 r 表示折射角。取空氣的折射率為1.00，則水相對於空氣的折射率 n_w 可以表示為：

$$n_w = \frac{\sin i}{\sin r}$$

考慮上述的幾何近似，可寫為：

$$\sin i \approx \tan i, \sin r \approx \tan r, \text{ 且}$$
$$n_w = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\tan i}{\tan r} = \frac{BS/SR'}{BS/SR} = \frac{SR'}{SR}$$

因此，將樣本放在凹面鏡的反射面上並測量 SR' ，可以在已知 SR 的情況下確定每個樣本的折射率。

器材：

未知樣品 標示 **PHYS-A, PHYS-B** 的兩種水樣品
器材 薄型凹面鏡，手電筒（光源），帶有堅固底座的實驗室支架，
標有箭形縫的木板，米尺，細繩，塑膠滴管。

步驟：

1. 將給定的凹面鏡放在支架的底座上，使其反射面朝上。確保鏡子所在的平面水平，以使反射面鏡的主軸垂直。
2. 調整帶有箭形縫的木板（物）的位置，使其水平且在鏡子上方。確定木板的標記面（角落有藍點）朝向鏡子。
3. 將手電筒（光源）垂直置於狹縫箭頭上方。確保狹縫箭頭被均勻照亮。
4. 更改木板的位置，直到在木板的下表面（標有藍色圓點）上獲得清晰的箭頭尖端圖像為止。在木板的下表面上應看到與箭頭大小相等的倒立實像。
5. 測量箭頭的尖端或其圖像與基座（鏡心 **P**）之間的垂直距離。該距離是面鏡的實際曲率半徑（**R**）。重複步驟 5 三次，並記錄測量結果在答案卷的表 3 中。
6. 求凹面鏡的焦距值。
7. 使用提供的滴管，小心地將樣品“**PHYS-A**”倒在鏡子的反射側，加足夠的水樣品覆蓋鏡面。
8. 慢慢地上下移動木板，直到在木板的下表面上獲得與箭頭大小相等的倒立實像。
9. 測量箭頭的尖端或其圖像與鏡心（**P**）之間的垂直距離。該距離是注水鏡 SR' 的視曲率半徑。再多重複 2 次實驗，記錄測量值在答案卷表 3 中。
10. 使用隨附的薄紙清潔並乾燥鏡子。
11. 使用樣品 **PHYS-B** 重複相同的實驗（步驟 7 至 9），並將測量結果記錄在答案卷的表 3 中。
12. 使用測量工具的精度評估不確定度。（標尺測量的不確定性等於最小可測量單位除以 2）

表 3. 數據和計算。所有答案均應記錄在黃色答案紙中。				
測得距離(cm)	試驗 1	試驗 2	試驗 3	平均值 ± 不確定度
空凹面鏡(PR)				
注入 PHYS-A (SR ¹)				
注入 PHYS-B (SR ¹)				

分析與問題：

- A. 求本實驗使用的凹面鏡的焦距
 $f \pm \Delta f =$
- B. 決定樣品 PHYS-A 對空氣的折射率 n_A ，其中 n_A 表示樣品 PHYS-A 的折射率。在答案卷中寫出計算過程。
- C. 決定樣品 PHYS-B 對空氣的折射率 n_B ，其中 n_B 表示樣品 PHYS-B 的折射率。在答案卷中寫出計算過程。
- D. 根據上述方法（光學）的發現，鑑定樣品 PHYS-A 和 PHYS-B（在答題紙中圈出正確答案）。

PHYS-A: 海水 Seawater/ 淡水 desalinated water

PHYS-B: 海水 Seawater/ 淡水 desalinated water

方法 2(熱學)：

首先，在加熱每個樣品直至達到沸點時，監控淡水和海水溫度升高的狀況。你將使用此資料來研究淡水和海水的比熱。

原理：

材料的比熱為將1克材料的溫度提高攝氏1度所需的能量。相關公式通常寫為：

$$Q = m c \Delta T$$

其中Q是傳遞的能量（以焦耳為單位），m是物料的質量（以克為單位），c是比熱，而 ΔT 是溫度變化（以攝氏度為單位）。

器材：

未知樣品 編號PHYS-A, PHYS-B的兩種水樣品

器材與設備 180 W 電加熱器（熱板），酒精溫度計，碼錶，耐熱手套，兩個
250 mL錐形燒瓶，電子天平。

安全須知：

在此部分任務中，將使用加熱板（電加熱器），請小心。

步驟：

1. 在錐形瓶中裝入 200 mL PHYS-A 樣品，並確定樣品質量（ m ）；
2. 如圖 2 所示設置設備，確保溫度計的放置方式能夠測量水溫，而不是錐形瓶的溫度。溫度計不應接觸瓶。
3. 記錄樣品的初始溫度。將錐形瓶放在加熱器上。打開電加熱器（加熱板），小心地將溫度旋鈕調到最大；
4. 每 60 秒記錄一次測得的溫度，直到樣品開始沸騰。樣品沸騰後再讀取五個讀數；
5. 在新的錐形瓶中使用 PHYS-B 重複上述步驟；
6. 對於測量中使用的每個時間值，假設對環境沒有熱的損失，計算配合的能量轉移到樣品的量（ Q ），假設 50 %的熱進入水。

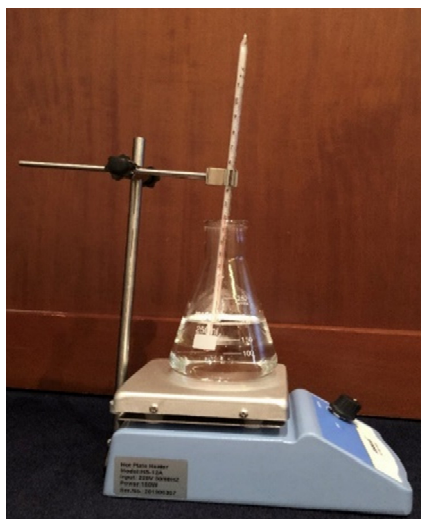


圖 2. 實驗裝置

表 4. 數據收集表。所有答案均應記錄在黃色答案紙中。			
時間 Time (s)	溫度 Temp ($^{\circ}$ C) for PHYS-A	溫度 Temp ($^{\circ}$ C) for PHYS-B	能量轉換 Energy transferred(J)

分析與問題：

- A. 在同一張圖中繪製兩個樣品的測量溫度 (T) 對時間 (t) 的關係圖
- B. 從圖中推斷出 T 軸上初始直線部分的斜率和截距。
 斜率 A = 斜率 B =
 截距 A = 截距 B =
- 注意：A 表示樣本 PHYS-A，B 表示 PHYS-B
- C. 寫一個方程式，描述溫度在達到沸點之前如何隨時間變化。
- D. 從圖中推導出樣品 PHYS-A 和樣品 PHYS-B 的沸點 T(boil)。
 樣品 PHYS-A 的沸點 T(boil):
 樣品 PHYS-B 的沸點 T(boil):
- E. 在另一張方格紙上繪製兩個樣品的測得溫度 (T) 對傳遞的能量 (Q) 的圖。
- F. 每個繪圖 (在上一個問題中繪製) 的初始直線部分的斜率與什麼有關？圈出正確答案：
 I. mc
 II. $\frac{1}{mc}$
 III. c
 IV. $\frac{1}{c}$
- G. 使用測得的數據推導出樣品 PHYS-A 和 PHYS-B 的比熱。用適當的單位給出答案。
 -樣品 PHYS-A 的比熱 c
 -樣品 PHYS-B 的比熱 c
- H. 根據上述方法 (熱力學) 的發現，確認樣品 PHYS-A 和 PHYS-B 的正確身份。
 PHYS-A:海水 Seawater/ 淡水 desalinated water
 PHYS-B:海水 Seawater/ 淡水 desalinated water

任務 3:

水的硬度測定

不同類型的水俱有不同數量的溶解鹽，這些鹽賦予水獨特的味道，有時，水中含有高濃度的鹽，在飲用或洗滌時會引起問題，如果您用水洗了個澡，可能無法使肥皂形成氣泡，您可能遇到這樣的問題，發生這種情況時，水就被稱為“硬水”，水質的度量之一是硬度分級。

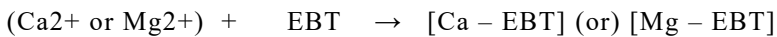
在卡達，水質的硬度可能高過一般上限，今有一水樣品已經過海水淡化工廠脫鹽，就是現在你手邊的樣品（CHEM-A），在以下實驗中，你將測定工廠是否已成功完成工作或是需要進一步處理。

原理：

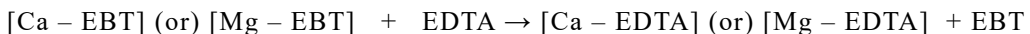
水硬度主要是由二價陽離子（例如 Ca^{2+} ， Mg^{2+} ）的碳酸鹽礦物沉積物引起的。錯合滴定法是測量水硬度的常用技術之一。

EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid) 是用於滴定的螯合劑。EDTA 二鈉鹽 (Na_2EDTA) 溶液能夠在 pH 約 10 的條件下與二價陽離子形成牢固的 1:1 的金屬-EDTA 絡合物。

EDTA 滴定金屬離子用的指示劑是深色染料-鉻黑 T (EBT) (藍色溶液)，它與要滴定的金屬離子形成不同顏色的絡合物。因此，用 EDTA 滴定金屬離子包括兩個反應步驟：



硬水鹽分 指示劑 較不穩定錯合物



不穩定錯合物 (紫色) 穩定錯合物 (無色) 藍色

水的硬度可以使用以下公式測定(假設水的密度是 1.00 g/mL)，一旦測定了 ppm 濃度，就可以與表 5 所示的硬度等級對照。

$$\text{硬度}(\text{ppm CaCO}_3) = \frac{\text{EDTA 滴定用量 (L)} \times \text{EDTA 莫耳濃度 (mol/L)} \times \text{CaCO}_3 \text{ 分子量 (g/mol)} \times 1000}{\text{水樣品體積 (L)}}$$

任務：根據在 pH 值為 10 的 EDTA 水溶液中鈣和鎂的錯合滴定法，確定水樣品（CHEM-A）的總硬度。

表 5. 與卡達海岸外水有關的水硬度尺標。

硬度等級		硬度 (ppm)
Soft	軟	<50
Moderately soft	中軟	≥50 - <100
Slightly hard	微硬	≥100 - <150
Moderately hard	中硬	≥150 - <200
Hard	硬	≥200 - <300
Very Hard	很硬	≥300

器材與藥品：

未知樣本	你有一樣品(約 70mL)標籤示為: CHEM-A.
器材	滴定架與夾子, 一個 50.0 mL 滴定管, 二個 10.0 mL 吸量管, 二個吸量管移液器. 二個 250 mL 錐形燒瓶, 一個 500 mL 燒杯. 一個 10 mL 量筒, 一個 50 mL 量筒, 白紙一張.
藥品	Na ₂ EDTA, 0.0100 M. (120 mL) Buffer solution (pH 10). 緩衝溶液 Eriochrome black T indicator (EBT). 銻黑 T Deionized water. 去離子水

安全須知：

1. 氨氣緩衝液 (pH 10) 中的氣味具有刺激性的, 請在此步驟戴口罩。
2. 考試結束後確實洗手。

廢物處理：

所有廢溶液都必須放倒入水槽中 (工作檯有內建的廢液處理容器)。

實驗步驟：

1. 取幾毫升 (3-9 mL) 的 0.0100 M EDTA 溶液潤洗放在架子上的滴定管。
2. 用滴定劑 (0.0100 M EDTA) 填滿滴定管；
3. 吸取 10.0 mL 水樣品 (CHEM-A) 到 250 mL 錐形燒瓶中；
4. 用量筒加入 30 mL 去離子水；
5. 氨氣緩衝液 (pH 10) 中的氣味具有刺激性的, 請在此步驟戴口罩。添加 3 mL 緩衝溶液, 每次使用後請確保旋緊瓶蓋。
6. 加入 4-5 滴 EBT 指示劑溶液；

7. 溶液的顏色應變為紫紅色；
8. 用 EDTA 溶液滴定，直到溶液的顏色從紫色紅色變為淺藍色（看不出紫紅色）。持續不褪的淡藍色即為終點。
9. 在答案紙的表 6 中將 EDTA 的體積（mL）記錄到小數點後兩位。
10. 再（至少）重複兩次步驟 3 - 8，並在表 6 中記錄你認為最好三次一致的滴定結果。

實驗結果：所有答案均應記錄在黃色答案紙中。

表 6. 測定水樣品（# CHEM-A）的總硬度			
	測定 1	測定 2	測定 3
水樣品體積 (mL)			
EDTA 起始體積 (Vi, mL)			
EDTA 終點體積 (Vf, mL)			
體積變化量(ΔV, mL)			

分析與問題：

根據表 6 中記錄的數據，在答題紙中回答以下問題：

- A. 計算 EDTA 的平均使用體積(mL).
EDTA 的平均使用體積(mL) = _____
- B. 計算表 6 中記錄的 EDTA 使用體積的相對標準偏差% (%RSD),
已知 $\%RSD = (SD*100)/\text{平均值}$.
在答案紙上記錄: 平均值± %RSD
- C. 以表 6 中記錄的 EDTA 平均體積，計算樣品 CHEM-A 的硬度。在答題紙上的空格寫下詳細的計算：
 - C1. EDTA 莫耳數 = _____
 - C2. 樣品中 Ca^{2+} 的莫耳數 mole= _____
 - C3. 每一公升中 Ca^{2+} 的莫耳數 mole per litre = _____
 - C4. 一公升水中含有 CaCO_3 克數 gram = _____
 - C5. 水硬度 (ppm) 依據原理部分所列計算公式 = _____
- D. 依據表 5 的硬水分級，判定 CHEM-A 屬於哪一級的水。