

請依題號順序作答在答案卷上，計算題需列出算式，簡答題須加以說明。

1. 元素(elements)，也就是組成物質的基本單位，古代中國曾提出五行說(金木水火土)，古希臘提出了四大元素(水火氣土)加以闡釋。在近代科學中，法國科學家拉瓦節跨出了第一步，在「化學命名法」中提出「元素」與「化合物」的定義，被後世譽為「現代化學之父」。而後英國道爾頓的原子說，奠定了元素的基石，但是卻沒有為這些元素分類與排序，就在科學家摸不著頭緒時，俄國門德列夫於 1869 年提出了元素週期表。

他將化學相似的元素分為七個家族，按照原子量的大小進行排列，Ar 的原子量 39.9 大於 K 的原子量 39.1，若依原子量排序 Ar 應排在 K 之後，他仍依據化學性質將 Ar 排在 K 之前。門德列夫並且預測了四個元素的存在，在 1875 年，法國科學家提煉出一種新的元素，鎵(Ga)，其原子量、化學性質以及比重等特性，都與他預測的「類鋁」元素幾乎一致。

接著科學家陸陸續續在 1879 年發現了釷(Sc)，1886 年發現了鍮(Ge)，亦與門德列夫的預測相近，讓世人對他更加敬佩與信服。目前通用的元素週期表則改用原子序排序，有七個週期，由上而下每個週期的元素數量分別是 2, 8, 8, 18, 18, 32, 32。

電子在原子核外的分布方式稱為電子排列，而最外層的價電子，便決定了原子的化學性質。當價電子的數量與鄰近鈍氣相同的時候，便趨於穩定，也就是原子會進行化學反應來得失價電子，以達到安定的狀態。例如，Na 的電子排列為 (2,8,1)，價電子為 1 個，化學變化時傾向失去 1 個電子，屬於第 1 族元素。換句話說，具有相同價電子數的元素，也就是在週期表上同一行(族)的元素，通常會具有類似的化學性質。

<<本文修改自 行政院環境保護署毒物及化學物質局之推動化學物質綠色生活知識教育平臺計畫企劃，泛科學執行>>

根據上述，試回答以下問題：共 22 分

- (1) 古代中西方所提出的元素中，依據現今定義，何者並非物質？(2 分)
 (2) 請觀察以下週期表的片段，提出門德列夫將鎵(Ga)之原子量 X，預測約為 71 的理由。(4 分)

3	4	
Li	Be	
6.9	9.0	
11	12	13
Na	Mg	Al
23.0	24.0	27.0
19	20	31
K	Ca	Ga
39.1	40.0	X
		49
		In
		114.8

(3) 請從下表資料中，提取適當訊息以解釋 Ar 的原子量大於 K。(4 分)

Ar		K	
原子序	18	原子序	19
密度	1.784 g/L	密度	0.862 g·cm ⁻³
熔點	-189.35 °C	熔點	63.38 °C
沸點	-185.85 °C	沸點	759 °C
熔化熱	1.18 kJ·mol ⁻¹	熔化熱	2.33 kJ·mol ⁻¹
汽化熱	6.43 kJ·mol ⁻¹	汽化熱	76.9 kJ·mol ⁻¹
比熱	20.78 J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹	比熱	29.6 J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹
原子半徑	106 pm	原子半徑	203 pm
同位素	豐度	同位素	豐度
³⁶ Ar	0.337%	³⁹ K	93.26%
³⁸ Ar	0.063%	⁴⁰ K	0.01%
³⁹ Ar	微量	⁴¹ K	6.73%
⁴⁰ Ar	99.6%		

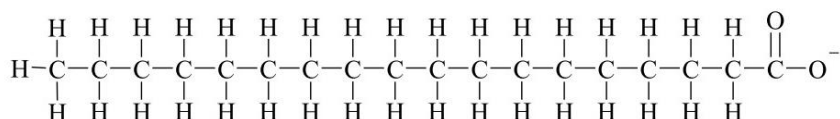
(4) 科學家為了紀念門德列夫的貢獻，特別將原子序 101 的 Md 元素取名為鐳，請預測 Md 屬於第幾週期？並寫出該週期鈍氣元素之原子序為何？(4 分)

(5) 阿偉查詢到以下六個元素的電子排列，請依本文判斷哪些元素為同一族？說明原因。(4 分)

元素	電子排列
In	(2,8,18,18,3)
Sr	(2,8,18,8,2)
Sb	(2,8,18,18,5)
Po	(2,8,18,32,18,6)
Cl	(2,8,7)
Ra	(2,8,18,32,18,8,2)

(6) 已知 Na 為易氧化之固體元素、Cl₂ 為高毒性之氣體元素，試說明為何兩活潑元素形成之 NaCl 卻相當穩定？(4 分)

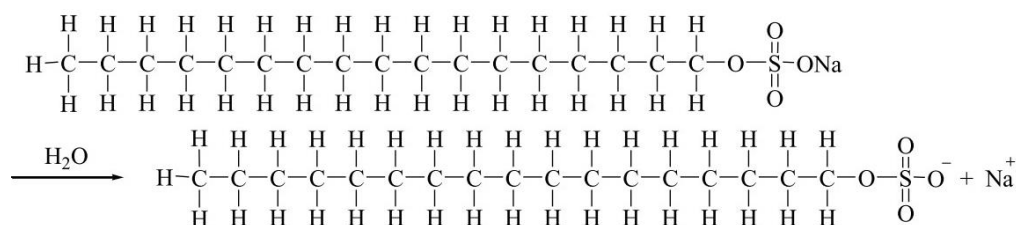
2. 我們每天洗手、洗澡，不停接觸琳瑯滿目的肥皂與清潔用品，其相關知識可說是學習化學的必備基礎。已知肥皂的製作是將油脂加入強鹼所得，商業上最常見的肥皂是硬脂酸鈉($\text{NaC}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2$)，溶在水中形成鈉離子和硬脂酸根離子，其中硬脂酸根離子具有相當強的清潔能力，結構如下圖：



為了方便起見，通常以 R 代表碳氫鏈，所以 $\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2^-$ 可以 RCO_2^- 表示之。硬脂酸根離子就像一隻蝌蚪，有「親水端」的頭部與「親油端」的尾部，如右圖所示。肥皂清潔原理乃利用硬脂酸根離子這種親水又親油的特性，基於「同類互溶」的原則，使原先不相容的油汙與水得以混合，此過程稱為乳化 (emulsion)。乳化會在水中形成微胞 (micelle)，因微胞彼此相斥以及機械力的輔助，分散油汙形成眾多的小微胞，以達到清潔的效果。

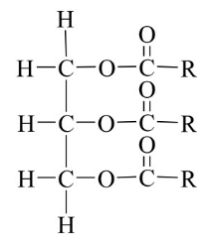


然而水中若有特定陽離子如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ，或於酸性溶液中，則肥皂將不易解離而失去其清潔能力。合成清潔劑則可以克服肥皂的限制，它和肥皂一樣具有離子端及長的碳氫鏈，但清潔劑分子具有一個不同的結構，不會與水中的陽離子或酸反應。下圖為清潔劑溶於水的一例：

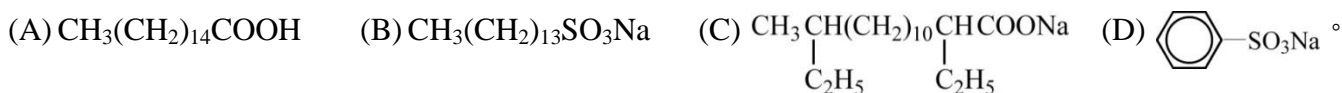


根據上述，試回答以下問題：(原子量：Na=23、C=12、H=1、O=16) 共 22 分

- (1) 硬脂酸甘油酯是由硬脂酸($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$)與甘油($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$)酯化而得，分子式 $\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$ ，結構示意圖如右，今欲將硬脂酸甘油酯加入 NaOH 以合成肥皂，寫出其皂化反應式。(4 分)



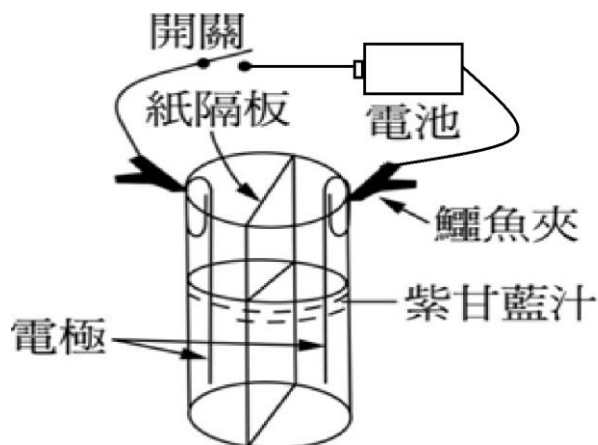
- (2) 將 8.9 公斤的硬脂酸甘油酯完全皂化，需加入？公斤氫氧化鈉，可得肥皂？公斤(6 分)
 (3) 根據上文，試以圖示說明肥皂去污原理(須包含乳化與形成小微胞)?(4 分)
 (4) 下列何者在酸性溶液中清潔效果最佳？說明原因。(4 分)



- (5) 將肥皂與甘油共熱，為何無法得到硬脂酸甘油酯？說明原因。(4 分)

3. 為了使同學體會化學之美，劉老師在講桌上演示了一個簡易的電解實驗。用下圖的裝置，以鉛筆筆芯作為電極，外接 9V 電池以電解中性的紫甘藍汁水溶液，其中紙隔板左側的電極與外接電池的正極相接；紙隔板右側的電極與外接電池的負極相接。幾分鐘後，即見紙格板隔開之水溶液兩邊顯現出不同顏色。

蔓蔓同學看了這個類似”陰陽海”的實驗相當驚訝，問老師為什麼？劉老師笑著說：「呵呵，想想看，這溶液裡面除了發生”電解水”的反應外，還有什麼現象發生呢？」，說完後劉老師在黑板紀錄了下表，說明紫甘藍汁顏色與 pH 值的關係。



pH 值	顏色
2	紅
3	紫
7	紫
11	藍
12	綠

根據上述，試回答下列問題：共 26 分

- (1) 紙隔板左側的電極，應為電解反應的正或負極？發生氧化或還原反應？(4 分)
- (2) 電解一段時間後，蔓蔓以儀器測得紙隔板左側的紫甘藍汁 pH 值=2，試判斷此時陰陽海顏色：紙隔板左側顏色為？ 右側顏色為？ 說明原因。(6 分)
- (3) 細心的蔓蔓回家重複操作此實驗，赫然發現除了有陰陽海的現象外，兩側電極周圍皆因有氣體產生而冒泡，試推論紙隔板左側氣體為何？如何以實驗驗證？(4 分)
- (4) 承上題，若在 25 °C、1 atm 下收集到左側氣體體積 98 毫升，則紙隔板右側收集到氣體之莫耳數為？
註：25 °C、1 atm 下，1 mole 氣體體積為 24.5 升 (4 分)
- (5) 電解一段時間後，若將紙隔板拿起，試預測紫甘藍汁顏色會如何變化？(4 分)
- (6) 不影響電解反應的前提下，欲將鉛筆筆芯置換為銅片，則銅片應將置於左側或右側？說明原因。(4 分)

4. 泡泡是我們童年美好的回憶之一，用簡單器材就可以吹出的泡泡，所包含的科學知識其實是很豐富的，物理學家凱爾文曾說：「請吹一個泡泡，並好好觀察它。你可以窮一生之力對它進行研究，而不斷獲得物理學的知識。」翔翔對於泡泡內的氣體成分很有興趣，欲觀察以 CO_2 、 O_2 氣體吹出的泡泡有何差異，在老師的指導下進行下列實驗規劃：

(一)觀察以 CO_2 吹出的泡泡：

步驟一：將容量 60mL 的針筒 A、B 排除空氣，裝入適當藥品，再以三向閥連接 A、B，如圖一所示

步驟二：以針筒 A 當作容器，將適當藥品混和以產生 CO_2 氣體

步驟三：調整三向閥旋鈕，將產生的氣體導入塑膠針筒 B 中，收集 50mL 氣體後關閉三向閥開關，以免氣體洩漏

步驟四：於塑膠盤上倒入適量泡泡水，泡泡水配方為水：洗碗精：膠水體積比 = 4：2：1

步驟五：擠壓針筒 B 內的氣體於泡泡水中，在塑膠盤上產生半圓球狀的泡泡

步驟六：觀察並記錄經過不同時間下，半圓球泡泡的直徑

(二)觀察以 O_2 吹出的泡泡：

改變適當藥品以產生 O_2 ，重複上述步驟一~六。

根據上述，試回答下列問題：共 30 分

(1) 欲於步驟二中產生 CO_2 ，並滿足下列要求：(4 分)

反應容器易清理、藥品相對安全、室溫即可進行...等實驗考量，則下列藥品之規劃何者最適當？說明原因。

- (A) 取適量之 $\text{KClO}_3(\text{s})$
- (B) 取適量之 5% $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$
- (C) 取適量之 30% $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ 與 $\text{MnO}_2(\text{s})$ 混和
- (D) 取適量之飽和 $\text{NaHCO}_3(\text{aq})$ 與 1M $\text{HCl}(\text{aq})$ 混和
- (E) 取適量之 $\text{CaCO}_3(\text{s})$ 與 12M $\text{HCl}(\text{aq})$ 混和。

(2) 承上題，試回想國中課本有關產生與收集 CO_2 的實驗裝置，畫出示意圖(須包含藥品及器材，4 分)

(3) 承上題，比較此裝置與圖一所使用之針筒、三向閥，判斷兩者裝置之優缺點？(至少列兩點，4 分)

(4) 翔翔記錄經過不同時間下，半圓球 CO_2 、 O_2 泡泡的直徑，還重複操作實驗以求再現性，如表一。

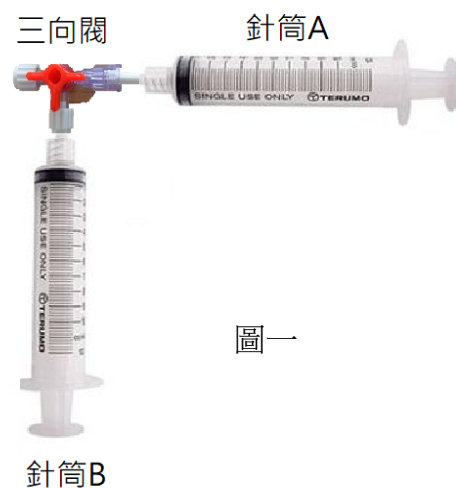
請根據表一，以操作變因為橫軸，應變變因為縱軸，將數據統計後於答案卷標點作圖。(10 分)

(5) 翔翔一邊觀察泡泡一邊記錄如下，判斷何者不正確？說明原因。(4 分)

- (A) 此實驗的泡泡起始大小是控制變因
- (B) O_2 泡泡大小隨時間經過無明顯改變
- (C) CO_2 泡泡大小隨時間經過而呈現非線性地縮小
- (D) 改變泡泡水配方，表一數據可能不同
- (E) 時間經過 40 秒後， CO_2 泡泡體積約為 O_2 泡泡體積的 1/5 倍。

(6) 分析此實驗結果，下列哪一種推論最正確？說明原因。(4 分)

- (A) 隨時間經過， CO_2 泡泡較 O_2 泡泡穩定，故泡泡可存在超過 1 分鐘而不破裂
- (B) 隨時間經過， CO_2 泡泡之氣體莫耳數較 O_2 泡泡少
- (C) 隨時間經過， CO_2 泡泡之氣體溫度較 O_2 泡泡低。
- (D) 氣體與泡膜反應，才會造成泡泡縮小
- (E) 氣體微溶於泡膜，才會造成泡泡縮小



圖一

表一

時間 (秒)	第一次實驗		第二次實驗	
	CO ₂ 泡泡 直徑(cm)	O ₂ 泡泡 直徑(cm)	CO ₂ 泡泡 直徑(cm)	O ₂ 泡泡 直徑(cm)
0	3.0	3.0	3.0	3.0
5	2.4	3.0	2.5	3.0
10	2.0	3.0	2.0	3.0
15	1.6	3.0	1.6	3.0
20	1.2	3.0	1.2	3.0
25	0.9	3.0	1.0	3.0
30	0.7	3.0	0.8	3.0
35	0.6	3.0	0.6	破裂
40	0.6	破裂	0.6	破裂
45	0.6	破裂	0.6	破裂
50	0.6	破裂	破裂	破裂