臺北市107學年度高中數學及自然學科能力競賽─化學科

筆試一 時間：50分鐘 分數：

**請將答案寫在答案卷的格子內，否則不予計分**

**非選擇題（計5題，共100分）：**

1. 近日某健康雜誌報導指出：「國人因日常飲食失衡，結石罹患率明顯增高，其中膽固醇結石、碳酸鈣結石與磷酸鈣結石多出現於膽囊，膽紅素鈣結石多發生於總膽管，而硬脂酸鈣結石，則多發生於肝內膽管。腎結石主要成份是CaC2O4，治癒後復發率約為70-80 %。為避免復發，應多運動、多喝水。在熱天與運動後，應即時補充水分，以避免尿液中鈣濃度升高。富含維它命C、D的食品，如蘋果、優格、堅果等，因其會促進草酸的生成，故須注意攝取量，又因草酸鈣主要是形成於酸性環境中(pH < 7.0)，故須減少肉類攝取，避免尿液pH值下降，以減低罹患風險與復發機率。至於磷酸鈣、碳酸鈣與磷酸銨鎂等結石，主要形成於鹼性環境中(pH > 7.0)，故應多攝取酸性蔬果，以減低罹患風險。」

根據以上所述，該報導是否有**不符**化學常識之處？詳述你的論點，並以化學反應式闡述之。無反應式，不予計分。 (20分

2. 某生根據「物質守恆定律」、「電荷守恆定律」與「反應平衡定律式」，分析0.100與0.010莫耳醋酸(簡稱HOAc；*Ka* = 1.0 × 10-5)溶於一公升pH 3.0緩衝溶液中時各物種的平衡濃度；以下為其推導步驟：

**「I**. 關於0.100 M HOAc：

物質守恆： [HOAc] + [OAc-] = 0.100 (1)

電荷守恆： [H+] = [OH-] + [OAc-] (2)

反應平衡： *K*a = 1.0 × 10-5 = [H+][OAc-]/[HOAc] (3)

*K*w = 1.0 × 10-14 = [H+][OH-] (4)

因為pH = 3.0，所以[H+] = 1.0 × 10-3 M。根據式(4)，[OH-] = *K*w/[H+] = 1.0 × 10-11 M。

因為[H+] » [OH-]，根據式(2)，[H+] ≈ [OAc-]，所以[OAc-] = 1.0 × 10-3 M。

因為[OAc-] = 1.0 × 10-3，根據式(1)，知[HOAc] ≈ 0.099 M。

因為[H+] = 1.0 × 10-3、[OAc-] = 1.0 × 10-3以及[HOAc] = 0.099，代入式(3)，得：{[H+][OAc-]}/[HOAc] = (1.0 × 10-3)2/(0.099) = 1.1 × 10-5 ≈ *Ka*。

據此，推導無誤、答案合理。

**II**. 關於0.010 M HOAc：

物質守恆：[HOAc] + [OAc-] = 0.010 (1)

電荷守恆：[H+] = [OH-] + [OAc-] (2)

反應平衡：*K*a = 1.0 × 10-5 = [H+][OAc-]/[HOAc] (3)

*K*w = 1.0 × 10-14 = [H+][OH-] (4)

因為pH = 3.0，所以[H+] = 1.0 × 10-3 M。根據式(4)，知[OH-] = *K*w/[H+]，

所以 [OH-] = 1.0 × 10-11 M。

因為[H+] » [OH-]，根據式(2)，知[H+] ≈ [OAc-] = 1.0 × 10-3 M。

因為[OAc-] = 1.0 × 10-3，根據式(1)，知[HOAc] ≈ 0.009 M。

因為[OAc-] = 1.0 × 10-3、[H+] = 1.0 × 10-3以及[HOAc] = 0.009，代入式(3)，

得：{[H+][OAc-]}/[HOAc] = (1.0 × 10-3)2/(0.009) = 1.1 × 10-4 ≠ *Ka*。

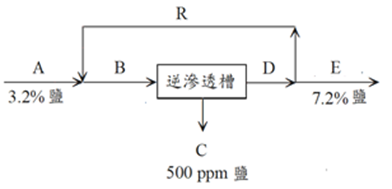
據此，答案有誤、推導不合理。」

根據上述推導，回答問題(一)與(二)。

(一) 為何該生依據相同解題邏輯，卻出現矛盾答案？

(二) 若解題邏輯有誤，為何0.100 MHOAc的答案又正確無誤？試依據數學與化學觀點，剖析其矛盾之處。 (20分)

3. 下圖為利用逆滲透法進行海水淡化的示意圖。海水(A)和循環海水(R)混合後，成為混和液(B)，進入逆滲透槽處理後，流出淡水(C)和濃縮鹽水(D)，濃縮鹽水又分成兩支：一支為循環海水(R)，一支為廢鹽水(E)。已知海水(A)的流量為20 kg/min，含3.2 %鹽；淡水(C)含500 ppm鹽；濃縮鹽水(D)含7.2 %鹽；循環海水與廢鹽水的流量比值(R/E)為0.56。



試求出：

(一) 廢鹽水(E)的流量為多少kg/min？ (5分)

(二) 淡水(C)的流量為多少kg/min？ (5分)

(三) 混合液(B)的含鹽量為多少%？ (5分)

4. 已知溶液A：含有1.0×10-3 M IO3-和1.0×10-3 M CO32-的水溶液100 mL

溶液B：含有1.0×10-3 M Ag+的水溶液

現在將10 mL溶液B逐滴加入溶液A形成混合液。

已知AgIO3和Ag2CO3的溶解度分別為0.005 g/100 mL和0.0035 g/100 mL，  
試求出：

(原子量：Ag = 107.9；I = 126.9)

(一) AgIO3和Ag2CO3的ksp分別為多少？ (8分)

(二) 混合液中是否有沉澱產生？沉澱物為何？ (5分)

(三) 混合液中的Ag+、IO3-、CO32-的濃度分別為多少M？ (12分)

5. 化學需氧量（Chemical Oxygen Demand，簡稱COD）是水中有機污染物含量常用的指標之一，測量[氧化](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A7%E5%8C%96)水樣中有機物所需的氧化劑(例如K2Cr2O7)消耗量，換算成有機物氧化所需的氧氣消耗量，用以表示水中有機物量的多寡。例如：在酸性條件K2Cr2O7可[氧化](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A7%E5%8C%96" \o "氧化)水樣中所含的有機物，其反應如下：

K2Cr2O7 + 有機物 → Cr3+ + CO2 (反應式未平衡) 反應式(1)

若以O2取代K2Cr2O7，則水樣中的有機物氧化還原反應如下：

O2 + 有機物 → H2O + CO2 (反應式未平衡) 反應式(2)

根據上述反應式的計量關係，由氧化1升水樣中有機物所需K2Cr2O7的莫耳數，換算成氧化每升水樣中有機物所需氧氣的毫克數，即為該水樣的化學需氧量(mg/L)。

某工廠排出的廢水的污染物為苯酚([C](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A2%B3)6[H](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A2)5[O](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A7)[H](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A2)，分子量= 94.1)，為測量該廢水的化學需氧量，進行下列實驗步驟：

(1) 取30.0毫升的廢水，稀釋至100.0毫升。

(2) 取20.0毫升步驟(1)的稀釋溶液，加入30毫升0.02 M K2Cr2O7溶液，又加入適量的硫酸-硫酸銀試劑 (防止氯離子的干擾)，加熱沸騰迴流2小時後，冷卻至室溫。

(3) 加2~3滴菲羅啉(Ferroin)指示劑溶液於步驟(2)的溶液中，再以0.120 M的硫酸亞鐵銨 (NH4)2Fe(SO4)2為標準溶液，滴定溶液中剩餘未反應的重鉻酸鉀，記錄達滴定終點時所消耗硫酸亞鐵銨溶液體積。

由實驗得知，當達滴定終點時，共消耗16.5毫升硫酸亞鐵銨溶液。以蒸餾水取代廢水樣品，進行相同的實驗步驟，作為空白試驗，達滴定終點時，消耗28.5毫升硫酸亞鐵銨溶液。

(一) 寫出本實驗亞鐵離子(Fe2+)滴定重鉻酸根離子(Cr2O72−)的反應式。 (4分)

(二) 根據反應式(1)和(2)，計算氧化1莫耳苯酚所需的K2Cr2O7與氧氣的莫耳數比例是多少？ (4分)

(三) 計算該廢水的化學需氧量(mg/L)。 (6分)

(四) 計算該廢水中苯酚的重量百萬分率濃度 (ppm)。 (6分)