

桃園市立武陵高中 113 學年度科學班甄試科學能力檢定化學科試題

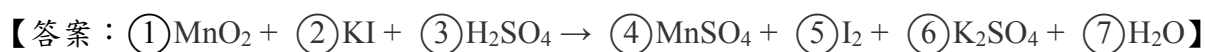
一、化學計量與水質檢測

水中氧氣的溶解量 (Dissolved Oxygen, 簡寫 DO), 指溶解於水中之氧氣濃度, 水生生物就是透過溶解在水中的氧氣呼吸生存的, 在水質防治污染上, 溶氧量被視為是判斷水質好壞之主要指標。一般而言, 濃度愈高代表水質狀況愈好。

在實驗室中可以碘滴定法來測定 DO 值, 將欲分析的水 (水樣) 加入硫酸亞錳溶液及鹼性碘化物後生成氫氧化亞錳, 此時水中溶氧快速地將等價量且散佈於水中的氫氧化亞錳氧化成更高價的錳氧化物而產生沈澱。當水樣加入濃硫酸, 進一步變為酸性且有碘離子存在時, 氧化的錳離子會回復為二價的狀態, 同時釋放出與溶氧等價量的碘分子。此時可以用硫代硫酸鈉 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 標準溶液滴定碘分子, 即可求得溶氧量。相關反應式如下〈其中式 1、式 2、式 4 皆已平衡, 式 3 尚未平衡〉:



1. 試平衡化學反應式, 式 3:



2. 在 DO 測定法中的相關反應式中, 水中的溶氧 (O_2) 和硫代硫酸鈉 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 的莫耳數比為何?



生化需氧量 (Biochemical oxygen demand, 簡寫為 BOD), 是水樣中之好氧微生物在一定溫度下分解水中有機廢料過程中所消耗(需要)的氧量。雖然生化需氧量並非一項精確定量的檢測, 但是由於其間接反映了水中有機物質的相對含量, 故而 BOD 長期以來作為一項環境監測指標。在 BOD 的測量中, 通常規定使用 20°C、5 天的測試條件, 記為五日生化需氧量, 符號 BOD₅, 單位為 mg/L。如: BOD₅ = 2.0 mg/L, 即水樣中之好氧微生物在 20°C、5 天內分解水中有機廢料過程中所消耗的氧量為每公升水溶液需氧氣 2.0 毫克。

在實驗室中, 採取的水樣在第 1 天測定其 DO 值, 存放 5 天後再測其 DO 值, 兩值相差即為 BOD₅, 一般而言, BOD₅ 值愈高表示水中有機廢料愈多, 汙染越嚴重。

3. 現有一水樣 100 mL, 先稀釋至 1 L 後, 再取其中 200 mL 的水, 利用上述的方法分析, 在第一天, 以 0.025 M 的 Na₂S₂O₃ 測定其 DO 值, 分析過程中共用掉 8.8 mL 的 Na₂S₂O₃, 請計算其 DO 值為多少 ppm? (ppm, 即每升水樣中有幾毫克的溶氧量; 原子量 O = 16)

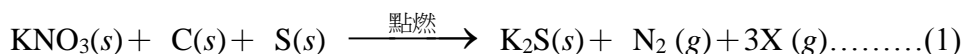
【答案: ⑩.⑪⑫ ppm】

4. 承上題水樣及分析方法, 經 5 天後, 再測其 DO 值, 過程中共用掉 3.2 mL 的 Na₂S₂O₃, 則此水樣的 BOD₅ 為多少 ppm?

【答案: ⑬.⑭⑮ ppm】

二、化學計量與氣體

黑火藥爆炸的反應式（係數未平衡）如下：



在一個內容量為 8.2 L 的炸彈型容器內，常溫常壓下，裝入由硝酸鉀 21.8 mol，碳 30 mol、硫粉 10.6 mol 磨成的均勻混合物與引信；假設黑火藥一經引燃，就依式(1)反應，溫度快速升高，容器內的壓力隨之增大，溫度最高可達 1000 K，而產生的氣體均可視同理想氣體，未反應的剩餘物均以固體的狀態留存。已知理想氣體的壓力（P）、體積（V）和其莫耳數（n）及溫度（T）的關係式如下：

$$PV = nRT$$

其中 R 為氣體常數，其值為 $0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

試根據上文，回答下面 1~4 小題。

1. 試問下列哪一化合物是式(1)中的 X？

(1) CO (2) CO₂ (3) NO (4) NO₂ (5) SO₂。【答案：(16)】

2. 反應式中的物質，哪一種原子扮演還原劑的角色？

(1) K (2) N (3) O (4) C (5) S。【答案：(17)】

3. 若裝黑火藥的容器可耐壓 300 大氣壓（即 atm），則引燃後容器爆炸時的壓力（單位：atm），最接近下列的哪一數值？

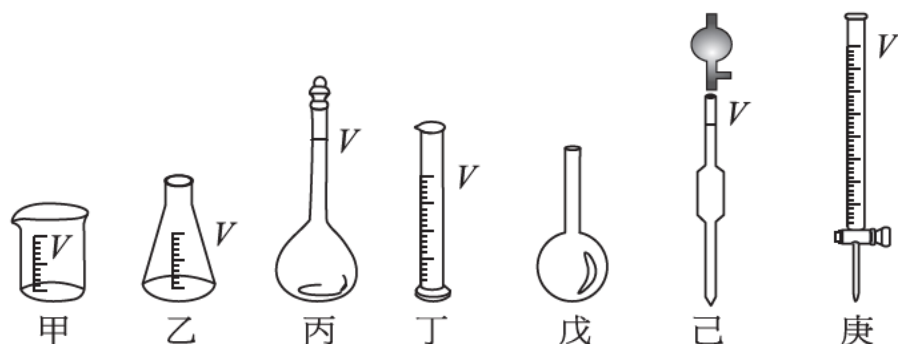
(1)100 (2)200 (3)300 (4)400 (5)500。【答案：(18)】

4. 若裝黑火藥的容器可耐壓 500 大氣壓，則引燃後的最大壓力（單位：atm），最接近下列的哪一數值？

(1)100 (2)200 (3)300 (4)400 (5)500。【答案：(19)】

三、酸鹼反應

小賴想利用酸鹼反應實驗測定未知濃度的氫氧化鈉溶液的體積莫耳濃度，老師提供給小賴未知濃度的醋酸溶液與氫氧化鈉溶液各 200 毫升及 30 公分的鎂帶，其他實驗會使用到的玻璃器皿如下圖。



小賴需使用教師所提供的藥品及劑量，推算出氫氧化鈉溶液之體積莫耳濃度。小賴設計實驗步驟如下：(原子量：Mg=24)

- (一) 精秤 0.24 克鎂帶，剪成小碎片後放置器皿 X 中。
- (二) 使用器皿 Y 取 25 mL 醋酸溶液倒入於裝有鎂帶的器皿 X 中，並加入酚酞指示劑後，發現有氣泡產生，當鎂帶完全反應後酚酞指示劑並無變色。
- (三) 將氫氧化鈉溶液置於器皿 Z 中，滴入上述步驟(二)的溶液中，器皿 Z 一開始的讀數為 2.1mL，當指示劑變色時讀數為 42.1mL。
- (四) 取 10.0 mL 的醋酸溶液放置另一器皿 X 中，並加入酚酞指示劑，當指示劑變色時，器皿 Z 所加入的氫氧化鈉溶液為 80.0 mL。

小賴根據上列實驗步驟計算出氫氧化鈉溶液的體積莫耳濃度。

1. 上述步驟中的 X、Y、Z 分別為為上圖中代號中的何種器皿？

(1)甲 (2)乙 (3)丙 (4)丁 (5)戊 (6)己 (7)庚

【答案：(20)、(21)、(22)】請依照 X、Y、Z 順序劃記，否則不以計分。

2. 當鎂帶與醋酸溶液完全反應完，此時醋酸反應掉多少莫耳？

【答案：(23) $\times 10^{-(24)}$ mol】

3. 醋酸溶液與氫氧化鈉溶液的濃度比為何？

【答案：(25)：(26)】

4. 氫氧化鈉溶液的體積莫耳濃度(M)為何？

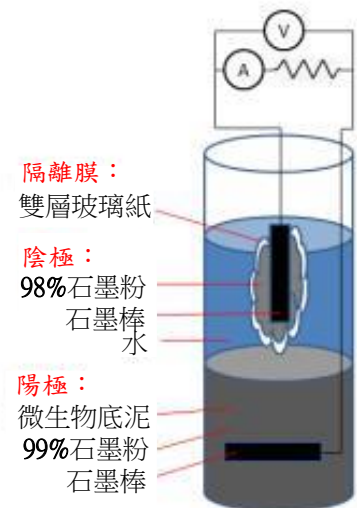
【答案：0.(27)(28)(29) M】

四、氧化還原與電化學

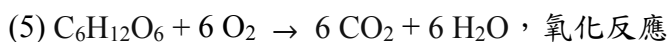
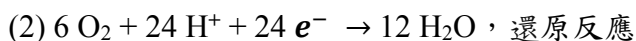
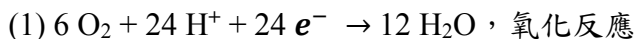
微生物燃料電池是一種利用微生物代謝反應將生質能轉換成電能的裝置。其基本結構與一般燃料電池相似，包含陽極、陰極，以及隔開兩極的質子交換膜。

酵母菌發電的基本原理是在陽極上對基質（如葡萄糖等醣類）進行氧化反應，產生了電子、氫離子及二氧化碳。電子在陽極表面經外部電路傳輸至陰極，便是我們能利用的電力。

阿音同學利用兩層玻璃紙包著石墨棒和 98% 的石墨粉做為陰極；陽極則是用酵母菌在混有石墨粉的低筋麵粉中培養並加水覆蓋，此為酵母菌發電—單槽式微生物燃料電池（如右圖）。微生物代謝有機物（葡萄糖等）時，會產生電子和氫離子，電子經由導線移動到陰極，而氫離子則是經由溶液，移動到陰極與電子、氧氣反應。



1. 在酵母菌發電—單槽式微生物燃料電池中，陰極的反應方程式是什麼？這個反應的類型是什麼？



【答案：(30)】

2. 設計實驗時所要注意的變因如下(甲)~(己)，如果阿音同學想要探究酵母菌的量是否會影響電池的發電效率，則表格中(1)~(5)選項中各項變因何者完全正確？

(甲)實驗環境的溫度和壓力

(乙)電極材料的種類

(丙)葡萄糖的濃度

(丁)酵母菌的濃度

(戊)電池的電壓和電流

(己)電解液的 pH 值

	操作變因	控制變因	應變變因
(1)	丁	甲乙丙戊	己
(2)	甲	乙丙丁己	戊
(3)	乙	甲丁戊己	丙
(4)	丁	甲乙戊己	丙
(5)	丁	甲乙丙己	戊

【答案：(31)】

3. 酵母菌在微生物燃料電池裡，主要負責什麼工作？

- (1) 收集氫離子，維持 pH 平衡
- (2) 隔離電流，防止短路
- (3) 分解葡萄糖，釋放電子
- (4) 還原氧氣，產生水
- (5) 水解澱粉，生成葡萄糖

【答案：③②】

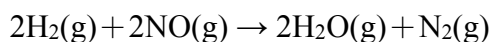
4. 要比較各種糖對微生物燃料電池的效果，最好用哪種方式做實驗？

- (1) 一次放多種糖，然後測量電力有沒有變
- (2) 一次放一種糖，然後記下電力的數值
- (3) 用公式計算不同糖的效果
- (4) 用網路找資料，看看哪種糖最好
- (5) 一次放一種糖和不同量的酵母菌，然後看電力有沒有變

【答案：③③】

五、反應速率

800 °C 時，氫氣和一氧化氮的反應如下：



N₂ 的反應速率之實驗結果如附表：

實驗編號	反應物濃度 (M)		N ₂ 之生成速率 (M/min)
	H ₂	NO	
A	1.0×10^{-3}	6.0×10^{-3}	3.0×10^{-4}
B	2.0×10^{-3}	6.0×10^{-3}	6.0×10^{-4}
C	3.0×10^{-3}	6.0×10^{-3}	9.0×10^{-4}
D	6.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}	5.0×10^{-5}
E	6.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	2.0×10^{-4}
F	6.0×10^{-3}	3.0×10^{-3}	4.5×10^{-4}
G	4.0×10^{-3}	4.0×10^{-3}	?

在只改變濃度的情況下，反應速率與濃度的關係可以數學式： $r = k [\text{H}_2]^m [\text{NO}]^n$ 來表示，此稱為**反應速率定律式**，其中 r 為反應速率， k 為反應速率常數， $[\text{H}_2]$ 及 $[\text{NO}]$ 分別為 H₂ 及 NO 的體積莫耳濃度，此反應對 H₂ 而言為 m 級，對 NO 而言為 n 級，反應的總級數為 $m+n$ 級。

請根據上述實驗結果與內容，回答下列題目：

1. 當 $[\text{NO}]$ 固定時，反應速率 (r) 與 $[\text{H}_2]$ 之關係為何？

- (1) $r \propto [\text{H}_2]$ (2) $r \propto [\text{H}_2]^2$ (3) $r \propto \frac{1}{[\text{H}_2]}$
(4) $r \propto \frac{1}{[\text{H}_2]^2}$ (5) 反應速率 (r) 與 $[\text{H}_2]$ 無關

【答案：(34)】

2. 當 $[\text{H}_2]$ 固定時，反應速率 (r) 與 $[\text{NO}]$ 之關係為何？

- (1) $r \propto [\text{NO}]$ (2) $r \propto [\text{NO}]^2$ (3) $r \propto \frac{1}{[\text{NO}]}$
(4) $r \propto \frac{1}{[\text{NO}]^2}$ (5) 反應速率 (r) 與 $[\text{NO}]$ 無關

【答案：(35)】

3. 承 1、2 題，此反應之總級數為何？

【答案：(36)級】

4. 此反應的反應速率常數 k 應為若干 $M^{-2} \text{ min}^{-1}$?

【答案：(37).(38) $\times 10^{(39)} M^{-2} \text{ min}^{-1}$ 】說明：(39)為 10 的次方數

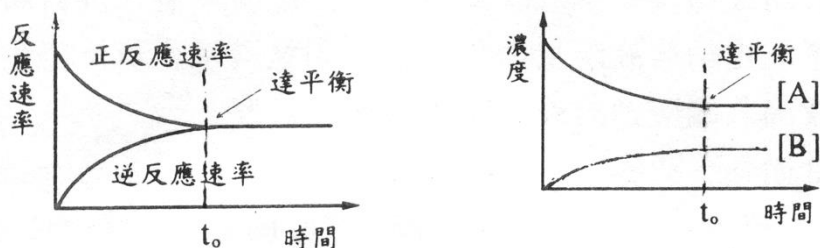
5. 請利用所求得之反應速率定律式推求編號 G 中 N_2 之生成速率（單位： M/min ）。

【答案：(40).(41) $\times 10^{-(42)} M/\text{min}$ 】

六、化學平衡

於定溫下的密閉系統中，一可逆化學反應的正反應速率與逆反應速率相等，此時物系的各成分濃度均維持一定，此系統的狀態稱為達到化學平衡。

例：可逆反應 $2A \rightleftharpoons B$ 定溫下在趨向平衡的過程中，速率或濃度與時間的關係圖如下：



(一) 平衡的條件：

(A)定溫、(B)密閉系、(C)可逆反應、(D)正逆反應速率相等。

(二) 平衡的特徵：

(A)巨觀上不再隨時間而改變（如顏色、壓力、濃度、等性質固定不變）。

(B)微觀上反應仍繼續進行，故為動態平衡。

(三) 勒沙特列原理：當平衡系統受外加因素破壞時，則平衡向抵消此因素之方向移動，直到達成新平衡為止。

例： $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ，加酸平衡向右移動；加鹼平衡向左移動。

(四) 平衡常數：反應式 $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ ，若在定溫下已達平衡，此時各反應物與產物均維持一定濃度，則產物濃度係數次方的乘積除以反應物濃度係數次方的乘積所得的商為一定值，稱為平衡常數，常以 K_c 表示。定溫下，平衡常數 K_c 不變。

例：反應系： $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 於 25°C 時各物種濃度的實驗數據

實驗別	初濃度(M)		平衡時的濃度(M)		$\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$
	$[\text{N}_2\text{O}_4]$	$[\text{NO}_2]$	$[\text{N}_2\text{O}_4]$	$[\text{NO}_2]$	
甲	0.0800	0.0000	0.0709	0.0182	0.00467
乙	0.0600	0.0000	0.0522	0.0156	0.00466
丙	0.0400	0.0000	0.0336	0.0125	0.00465
丁	0.0000	0.1600	0.0709	0.0182	0.00467

不論初濃度如何，或反應由哪一方開始進行，雖然平衡時生成物濃度各不相同，但 $[\text{NO}_2]^2/[\text{N}_2\text{O}_4]$ 其數值幾乎為一定值。

請根據上述內容，回答下列題目：

1. 下列離子或氣體顏色，有幾項正確：

(甲) CrO_4^{2-} 是黃色

(乙) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 是橘紅色

(丙) N_2O_4 是黃色

(丁) NO_2 是綠色

(戊) 無水氯化亞鉻為粉紅色

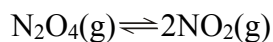
【答案：(43)項】

2. 對一平衡系統「 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 」進行下列操作，根據勒沙特列原理，在下表中填入適當的代號。(1)向左 (2)向右 (3)增加 (4)減少 (5)不移動 (6)不變

實驗編號	操 作	平衡移動方向	$[\text{N}_2\text{O}_4]$	NO_2 莫耳數	平衡常數
一	定溫定容下，加大 NO_2 濃度	(44)	(45)	(46)	不變
二	定溫下，容器體積縮小	(47)	(48)	(49)	不變
三	定溫定容下，加 He	(50)	(51)	(52)	不變

【答案：(44)(45)(46)(47)(48)(49)(50)(51)(52)】

3. 將 1 莫耳 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 置於 1 L 密閉容器中，加熱至 127°C 後，部分解離生成 $\text{NO}_2(\text{g})$ ，反應式如下：



已知平衡時容器內氣體平均分子量為 69，則 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 的解離百分率為何？

(N_2O_4 分子量 = 92)

【答案：(53)(54). (55)%】

4. 承上題，此反應之平衡常數 K_c 為何？

【答案： $\frac{(56)}{(57)}$ 】