

請考生依指示

填寫准考證末兩碼

--	--

國立臺灣大學
109 年高中科學班資格測驗試題本
化學

—作答注意事項—

考試時間：共 120 分鐘（請自行斟酌分配時間）

作答方式：務必作答於「各科答案卷上」，請以黑色或藍色原子筆、鋼珠筆或中性筆作答，並標明題號。

祝考試順利！

請聽到鈴(鐘)聲響後，於題本右上角方格內填寫准考證末兩碼，再翻頁作答。

第壹題：20分

說明：本大題共有8小題，依以下實驗說明，將各問題答案依序書寫於答案卷，作圖於所附方格紙。作圖及答案均需注意數值的有效數字及單位。

小明參考臺大普通化學實驗，分析水溶液樣品中微量 Co^{2+} 離子含量。首先利用 Co^{2+} 離子與 KSCN 溶液形成藍色 $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$ 試樣溶液(式1)，測定此藍色試樣溶液的可見光吸收光譜如圖1。接著配製一系列標準濃度鈷(II)離子試樣溶液編號1~5及未知溶液，選定分析波長後，使用分光光譜儀，測定各試樣溶液的吸收度(A, absorbance)，如表1所示。

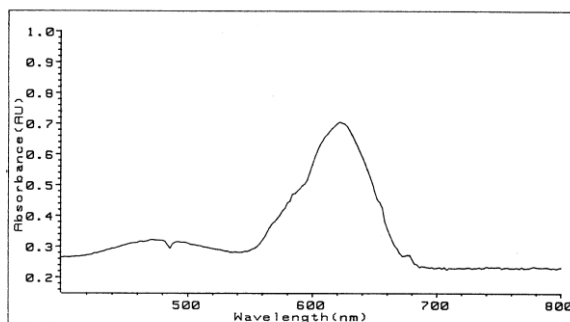
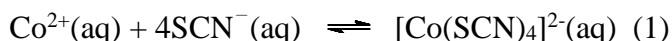
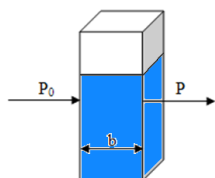


圖1 $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$ 之吸收光譜圖

補充說明：

透過率(T, transmittance)為透過吸光試樣之輻射能率(P)與入射試樣之輻射能率(P_0)的比值(式2)；吸收度A則為 $-\log T$ (式3)。於測定條件固定下、低濃度範圍時A與吸光物質的濃度成正比。



$$T = P / P_0 \quad (\text{式 } 2)$$

$$A = -\log T \quad (\text{式 } 3)$$

實驗步驟：

- (1) 配製系列標準濃度鈷(II)離子試樣溶液：量取定量標準濃度 $0.10 \text{ mg/mL Co}^{2+}$ 溶液及 0.8 mL 之 $6 \text{ M HCl}(\text{aq})$ 、 2 mL 之 $50\% \text{ KSCN}(\text{aq})$ 及 4.8 mL 丙酮於容器中，再加蒸餾水稀釋成 10.0 mL 。
- (2) 未知試樣溶液：量取含 Co^{2+} 離子之未知試樣溶液 2.00 mL ，及加入如表1的 $\text{HCl}(\text{aq})$ 、 $\text{KSCN}(\text{aq})$ 、丙酮後，加水稀釋到 10.0 mL 。
- (3) 以可見光吸收光譜儀，於選定的分析波長下測定各試樣溶液的吸收度，如表1。

表1 配製標準濃度鈷(II)試樣溶液及吸收度測定值

編號	$0.10 \text{ mg/mL Co}^{2+}$ 溶液 (mL)	6 M HCl (mL)	$50\% \text{ KSCN}$ (mL)	丙酮 (mL)	蒸餾水	吸收度
1	0	0.8	2	4.8	至 10.0 mL	0.000
2	0.50					0.150
3	1.00					0.300
4	1.50					0.450
5	2.00					0.600
未知	量取 2.00					1.400

- A. 依據表 1 實驗數據，以吸收度為 Y 軸，加入各試劑稀釋至 10.0 mL 後待測試樣溶液中 $[\text{Co}^{2+}]$ (單位：mg/mL) 為 X 軸，於方格紙標出各試樣點 (編號 1-5)，並繪製標準濃度鈷(II)試樣溶液之校正直線圖。
- B. 呈上題，給予此圖適當之圖說明。
- C. 寫出校正直線方程式。
- D. 小明取 2.00 mL 未知濃度 Co^{2+} 離子配製所得試樣溶液之吸收度為 1.400，超過校正直線範圍許多，試簡述小明應該如何修訂實驗步驟，以較準確測得未知溶液的 Co^{2+} 濃度。
- E. 同組做實驗的小華取另一個未知 Co^{2+} 離子溶液 1.00 mL，依相同方式配製得 10.0 mL 之 $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$ 試樣溶液，但卻誤選擇了測定透過率 (T) 功能，測得 $T = 40.0\%$ ，則小華所取得的未知溶液 Co^{2+} 離子原始濃度為何？ ($\log 2 = 0.301$)
- F. 本實驗應選用哪一種器材準確量取 0.50~2.00 mL 標準濃度 0.10 mg/mL Co^{2+} 溶液？
- G. 本實驗應選用哪一種器材將試樣溶液稀釋成 10.0 mL？
- H. 本實驗應選用哪一波長的可見光作為分析波長？

可見光顏色	紅	橙	黃	綠	藍
波長 (nm)	700	620	590	500	400

第貳題：20 分

說明：依以下說明，將答案書寫於答案卷，作圖於所附方格紙。作圖及答案均需注意有效數字及單位。

實驗室有一瓶 100 mL 未知的單質子弱酸，濃度約為 0.1 M。老師提供一台完成校正的 pH 計和電磁加熱攪拌器，及 100 mL 濃度為 0.100 M 之 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 。試設計一組實驗以測定此未知弱酸的精確濃度及酸解離常數 K_a 。答案應該包括下列三部分：

1. 所應用的化學反應方程式及相關計算式。
2. 簡要實驗步驟及所使用的器材。
3. 預期得到的實驗作圖及圖說明。

請翻頁繼續作答

第參題：20分

說明：本大題共有4小題，依以下說明，將各問題答案依序書寫於答案卷，作圖於所附方格紙。

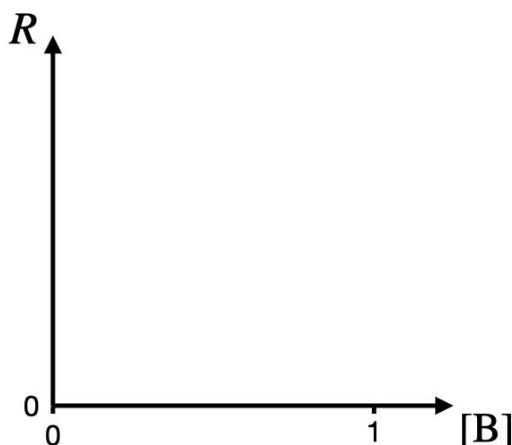
病毒在人群中的傳播可以用化學動力學的方法進行分析，假設一個人群中每單位面積有 N 個人，引進帶原者導致病毒開始傳染，在 t 時刻單位面積被感染的人為 I 人，未被感染的人剩下 $S = N - I$ ，根據碰撞理論，反應速率 ($R = d[I]/dt$ ，代表感染者新增速率) 跟 $[S] = S/N$ 與 $[I] = I/N$ (代表感染者與未感染者的分率) 的乘積成正比，可用下面的速率定律式表示：

$$R(\text{速率}) = k[A][B] = k([A]_0 - [B])[B]$$

其中 $[A]_0 = 1$ ， k 為速率常數。

根據化學反應動力學，回答下列問題：

- 這是一個幾級反應？
- 在反應最初的階段，被感染人遠少於 $[A]_0$ ，或 $[B] \ll [A]_0 = 1$ ，此時的反應可以近似為幾級反應？對應的速率常數為何？感染人數加倍所需的時間 (即倍增期) 為何？
- 根據速率定律式，將反應速率 R 對感染者濃度 $[B]$ 作圖。反應速率為零的濃度為何？它們的意義為何？



- 若定義病毒傳染的拐點為反應速率開始減速的濃度，問拐點的濃度與速率為何？

第肆題：20分

說明：本大題共有8小題，依以下說明，將各問題答案依序書寫於答案卷。

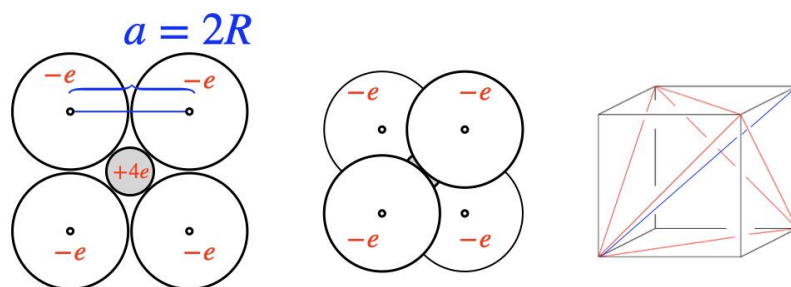
甲烷分子的分子式為 CH_4 ，形狀為一個正四面體，碳原子在中心，而四個氫原子在四個頂點上。

- 以價殼層電子對排斥理論 (VSEPR) 解釋正四面體與平面正方形兩種構型的相對穩定性。

完整地討論正四面體與正方形兩種排列的相對穩定性，需要考慮整個分子的總能量 $E_{\text{tot}} = T + E_{\text{ee}} + E_{\text{en}}$ ，其中 T 是電子的動能， E_{ee} 是電子間的庫倫排斥能，而 E_{en} 是電子與原子核間的庫倫吸引能。如下圖所示，假設甲烷分子由四個等徑「價電子球」與一個直徑較小的

碳原子芯所組成，其中每一個價電子球由兩個價電子以及位在球心的質子組成，半徑為 R ，碳原子芯由碳的內層電子加上碳的原子核所形成，半徑為 r ，假設每一個球的電荷均勻分布，並且不互相重疊，以滿足包立不共容原理。顯然，每一個價球的電荷為 $-e$ ，而碳原子芯的電荷為 $+4e$ ，整個分子為電中性。

假設甲烷分子在正四面體與正方形的兩種構型的價電子球半徑不變，電子的動能與價電子球的半徑有關，不隨構型變化而改變，而且相鄰的價電子球彼此相接觸，碳原子芯塞在兩種構型的空隙中。（提示：正四面體與正立方體的幾何關係如下圖右所示）



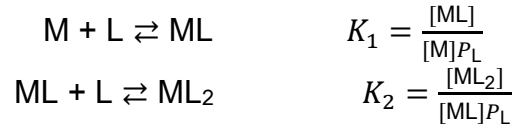
- B. 分別計算正方形與正四面體構型的 E_{ee} 與 E_{en} 。（用 $1/(4\pi\epsilon_0)(e^2/a)$ 為單位，其中 $a=2R$ 是價電子球的直徑）
- C. 價電子間的排斥能 E_{ee} ，何者比較小？
- D. 價電子與中心碳原子芯的吸引 E_{en} ，何者比較大？
- E. 兩種構型的總能量 $E_{ee} + E_{en}$ ，何者比較小？
- F. 利用下列有關反應的反應能計算 $\text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{C}^{4+}(\text{g}) + 4\text{H}^{-}(\text{g})$ 的 ΔE 。
- | | |
|---|-------------------------------------|
| $\text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{gr}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ | $\Delta E_1 = 74.85 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{C}(\text{gr}) \rightarrow \text{C}(\text{g})$ | $\Delta E_2 = 720 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{C}(\text{g}) \rightarrow \text{C}^{+}(\text{g})$ | $\Delta E_3 = 1088 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{C}^{+}(\text{g}) \rightarrow \text{C}^{2+}(\text{g})$ | $\Delta E_4 = 2351 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{C}^{2+}(\text{g}) \rightarrow \text{C}^{3+}(\text{g})$ | $\Delta E_5 = 4618 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{C}^{3+}(\text{g}) \rightarrow \text{C}^{4+}(\text{g})$ | $\Delta E_6 = 6222 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}(\text{g})$ | $\Delta E_7 = 435 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{H}(\text{g}) + e^{-} \rightarrow \text{H}^{-}(\text{g})$ | $\Delta E_8 = -72.8 \text{ kJ/mol}$ |
- G. 價電子球的直徑為 $a = 2R = 1.786 \text{ \AA}$ ，並利用 $1/(4\pi\epsilon_0)(e^2/1\text{\AA}) = 14.4 \text{ eV} = 1389.38 \text{ kJ/mol}$ ，計算 $E_{ee} + E_{en}$ 。
- H. 討論價電子球理論與價電子對排斥理論的異同，哪一個理論比較合理。

請翻頁繼續作答

第五題：10分

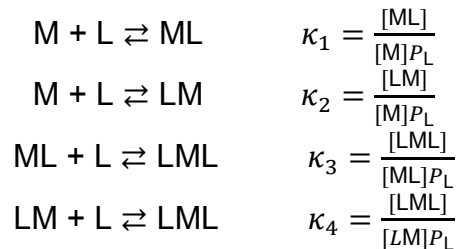
說明：本大題共有2小題，依以下實驗說明，將各問題答案依序書寫於答案卷。

某一個蛋白質 M 可以束縛兩個小分子 L，其巨觀平衡常數可以寫為



其中 P_L 是小分子 L 的分壓。

假設蛋白質 M 上小分子的兩個束縛位置可以分辨，吸附一個小分子實際有兩種情形，可分別寫為 ML 與 LM，區分這兩種結合方式的平衡反應，以及對應的微觀平衡常數，共有下列四種情形



A. 將巨觀平衡常數 (K_1 、 K_2) 用微觀平衡常數 (κ_1 、 κ_2 、 κ_3 、 κ_4) 表示。

B. 若兩個束縛位置全等而且獨立，那幾個微觀平衡常數是獨立的？並證明 $K_2 = K_1/4$ 。

第陸題：10分

說明：本大題共有5小題，依據閱讀以下文章，回答(對)或(錯)。

Methyl bromide in the atmosphere

The compounds known as chlorofluorocarbons (CFCs) are well-known agents responsible for the destruction of Earth's protective ozone layer. Another simple molecule that has the potentials to destroy the atmospheric ozone layer is methyl bromide, CH_3Br . Because this substance has a wide range of uses, including antifungal treatment of plant seeds, it has been produced in large quantities in the past (about 150 million pounds per year worldwide in 1997, at the height of its production). In the stratosphere, the C-Br bond is broken through absorption of short-wavelength radiation. The resultant Br atoms then catalyze decomposition of O_3 .

Methyl bromide is removed from the lower atmosphere by a variety of mechanisms, including a slow reaction with ocean water: $\text{CH}_3\text{Br}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}(\text{aq}) + \text{HBr}(\text{aq})$

To determine the potential importance of CH_3Br in destruction of ozone layer, it is important to know how rapidly the reaction in the equation and all other reactions remove CH_3Br from the lower atmosphere before it can diffuse into the stratosphere.

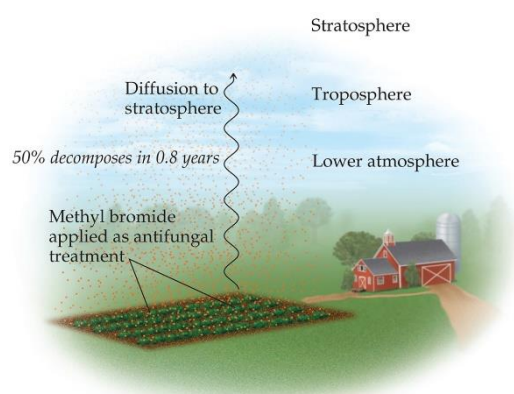
The average lifetime of CH_3Br in Earth's lower atmosphere is difficult to measure because the conditions that exists in the atmosphere are too complex to be simulated in the laboratory. Instead, scientist analyzed nearly 4000 atmosphere samples collected above the Pacific Ocean for the presence of several trace organic substances, including methyl bromide. From the measurements, it was possible to estimate the atmospheric residence time for CH_3Br .

The atmospheric residence time is related to the half-life for CH_3Br in the lower atmosphere, assuming CH_3Br decomposes by a first-order process. From the experimental data, the half-life for methyl bromide in the lower atmosphere is estimated to be 0.8 ± 0.1 yr, 75% decomposed after 1.6 yr, and so on. A half-life of 0.8 yr, while comparatively short, is still sufficiently long so that CH_3Br contributes significantly to the destruction of the ozone layer.

In 1997 an international agreement was reached to phase out use of methyl bromide in developed countries by 2005. Although exemptions for critical agricultural use have been granted, global consumption in 2013 was only 3% of the levels seen in the early 1990s. (Ref: T. L. Brown, et al., Chemistry: The Central Science, 14th ed., 2018, Pearson Education Ltd.: UK.)

依據文本，選出正確的敘述。

- A. 溴甲烷用途廣，可作為植物種子發芽促進劑。
- B. 溴甲烷在平流層經短波長電磁波照射，C-Br鍵斷裂產生的Br原子，會催化臭氧分解。
- C. 溴甲烷會催化臭氧分解，在低層大氣則可應用於降低空氣汙染。
- D. 溴甲烷會與海水反應，而自低層大氣逐漸移除。
- E. 科學家假設溴甲烷分解為1級反應，估算其半生期很短約為0.8年，對於破壞臭氧層的影響不大。



試題結束