

大學入學考試中心

分科測驗
化學考科考試說明
— 111 學年度起適用 —

中華民國 108 年 9 月

著作權屬財團法人大學入學考試中心基金會所有，僅供非營利目的使用，轉載請註明出處。若作為營利目的使用，應事前經由財團法人大學入學考試中心基金會書面同意授權。

分科測驗化學考科考試說明

目 錄

前言	1
壹、測驗目標	1
貳、測驗內容	2
參、試題舉例	3
附錄一、測驗目標與學習表現對應表	30
附錄二、自然領綱普通型高中（化學）之學習表現與學習內容	31

分科測驗

化學考科考試說明

前言

111 學年度開始，「分科測驗化學考科」將依據 108 學年度實施之「十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校—自然科學領域」（簡稱自然領綱）命題。本考試說明即針對 108 課綱實施後的分科測驗化學考科，說明命題方向，俾使考生準備考試有所參考。本說明分成幾個重點，分別是測驗目標、測驗內容、試題舉例，並檢附測驗目標與學習表現對應表（附錄一）、自然領綱普通型高中（化學）之學習表現與學習內容（附錄二）。

壹、測驗目標

分科測驗化學考科的測驗目標是希望藉由不同的評量方式，測量出考生的學習成果。配合 108 課綱，化學考科測驗目標包括的學習成果為：知識與概念、推理思考能力、探究能力、實驗或實作技能、應用化學知識以及與他人溝通的能力、態度、興趣與鑑賞等。從化學考科的角度而言，是希望能夠測驗高中生下列四項在化學方面的學習成果：

1. 基本知識與概念
2. 實驗技能與探究能力
3. 推理與思考能力
4. 應用知識的能力

分科測驗化學考科的測驗目標及細目如下：

一、測驗考生的基本化學知識與概念

- 1a. 基本的化學名詞、定義及現象
- 1b. 基本的化學規則、學說及定律

二、測驗考生的實驗技能與探究能力

- 2a. 化學實驗操作程序的認識
- 2b. 化學實驗數據的解釋
- 2c. 化學實驗結果的推論與分析
- 2d. 化學實驗設計與假說關係的驗證

三、測驗考生的推理與思考能力

- 3a. 理解化學資料的能力
- 3b. 分析化學資料的能力
- 3c. 綜合與評價化學資料的能力

四、測驗考生應用化學知識的能力

4a.瞭解化學與生活情境的關係

4b.瞭解化學與其他學科的關係

貳、測驗內容

一、測驗範圍

分科測驗化學考科的測驗內容，是將化學課程綱要中所列之概念內容加以整合，涵蓋物質的組成與特性（A）、能量的形式、轉換及流動（B）、物質的結構與功能（C）、物質系統（E）、物質的反應、平衡及製造（J）、科學、科技、社會及人文（M）、資源與永續發展（N）七大主題以及涵蓋在七大主題的實驗課程，如表一所示。

分科測驗化學考科的考試範圍包括普通型高級中等學校部定必修化學與部定加深加廣選修化學，加深加廣選修化學課程包括：物質與能量、物質構造與反應速率、化學反應與平衡一、化學反應與平衡二、有機化學與應用科技及相關實驗。本中心所研擬的分科測驗化學考科的測驗內容，包括 108 課綱化學科的必修化學與加深加廣選修化學及相關實驗內容。

表一、各主題與次主題

主題	次主題
物質的組成與特性（A）	物質組成與元素的週期性（Aa）
	物質的形態、性質及分類（Ab）
能量的形式、轉換及流動（B）	能量的形式與轉換（Ba）
物質的結構與功能（C）	物質的分離與鑑定（Ca）
	物質的結構與功能（Cb）
物質系統（E）	氣體（Ec）
物質的反應、平衡及製造（J）	物質反應規律（Ja）
	水溶液中的變化（Jb）
	氧化與還原反應（Jc）
	酸鹼反應（Jd）
	化學反應速率與平衡（Je）
	有機化合物的性質、製備及反應（Jf）
科學、科技、社會及人文（M）	科學、技術及社會的互動關係（Ma）
	科學發展的歷史（Mb）
	科學在生活中的應用（Mc）
	環境汙染與防治（Me）
資源與永續發展（N）	永續發展與資源的利用（Na）
	能源的開發與利用（Nc）

二、題型與配分

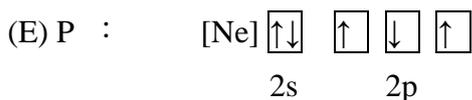
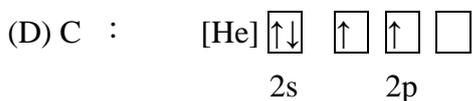
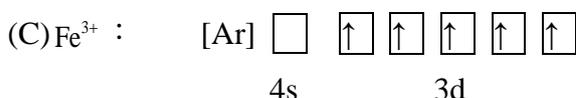
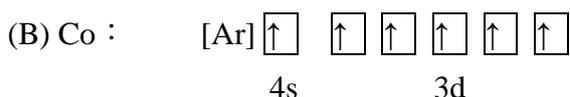
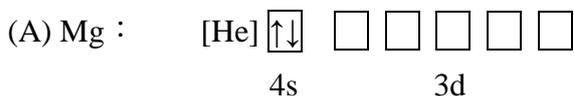
111 學年度起分科測驗化學考科的試卷架構分為兩部分，第壹部分為選擇題型，約占 70%；第貳部分為混合題型（兼含選擇與非選擇題）或非選擇題型，約占 30%，試卷的滿分為 100 分。

參、試題舉例

一、測驗考生的基本化學知識與概念

例 1.

電子組態是原子或離子中之電子在軌域的排列狀態，下列原子或離子的基態電子組態，哪些正確？



（改寫自 107 學年度指考）

參考答案：CD

測驗目標：1b.基本的化學規則、學說及定律

學習表現：科學認知

測驗內容：選修化學 物質組成與元素的週期性 CAa-Va-4 原子的電子組態的填入規則，包括包立不相容原理、洪德定則及遞建原理。

說明：

本題測驗考生對於電子組態規則的瞭解程度。基態的電子組態要符合遞建原理、洪德定則與包立不相容原理等三個原則。

1. 各選項說明如下：

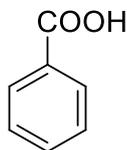
- (A) Mg 的電子數為 12，其電子組態為 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ，可寫成 $[\text{Ne}]3s^2$ ，基態的鎂原子並非為 $[\text{He}]4s^2$ 。錯誤選項。
- (B) Co 的電子數為 27，其電子組態為 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$ ，故於 3d 軌域有 7 個電子而非 5 個電子。錯誤選項。
- (C) Fe 的電子數為 26，其電子組態為 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ ，當失去 3 個電子形成 Fe^{3+} 離子，優先失去 4s 軌域的 2 個電子，再失去 d 軌域的 1 個電子，故電子組態為 $[\text{Ar}]3d^5 4s^0$ 。正確選項。
- (D) C 的電子數為 6，電子組態為 $1s^2 2s^2 2p^2$ ，故電子組態為 $[\text{He}]2s^2 2p^2$ 。正確選項。
- (E) P 的電子數為 15，其電子組態為 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ ，且填入 p 軌域的 3 個電子具有相同自旋方向，待各軌域均有一個電子時，才允許自旋方向相反的電子進入而成對，才能符合洪德定則。錯誤選項。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(C)(D)。

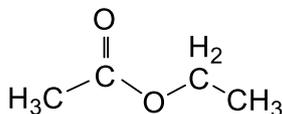
例 2.

甲至戊 5 種化合物的結構如下：

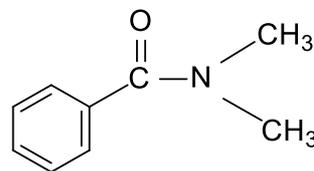
甲



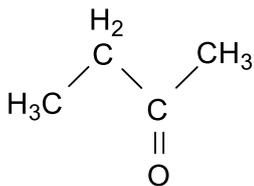
乙



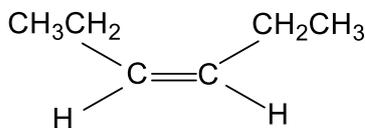
丙



丁



戊



下列有關這些化合物的敘述，哪些正確？

- (A) 甲可形成分子間氫鍵
- (B) 乙為乙酸乙酯
- (C) 甲、乙、丙和丁四者均具有碳氧雙鍵結構
- (D) 丁可與多倫試劑反應產生銀鏡
- (E) 戊可與 Br_2 反應生成 3-溴己烷

(改寫自 106 學年度指考)

參考答案：ABC

測驗目標：1a.基本的化學名詞、定義及現象

1b.基本的化學規則、學說及定律

學習表現：科學認知

測驗內容：選修化學 有機化合物的性質、製備及反應 CJf-Va-2 有機化合物的命名、結構及官能基的檢驗與其用途—烴、鹵化烴、醇、酚、醚、酮、醛、有機酸、酯、胺及醯胺。

說明：

本題測驗考生對有機物的結構、命名及其性質的瞭解。

1. 甲~戊之命名分別為：

(甲) 苯甲酸

(乙) 乙酸乙酯

(丙) *N,N*-二甲基苯甲醯胺

(丁) 2-丁酮

(戊) 順-3-己烯

2. 各選項說明如下：

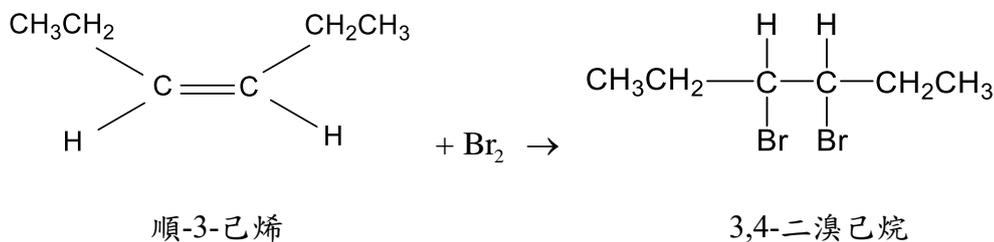
(A) 要形成分子間氫鍵，分子結構必須同時具有兩要素：一為具有與氮、氧、氟直接鍵結的氫，二為氮、氧、氟上要有孤對電子。甲為苯甲酸，同時具備上述兩要件，故可形成分子間氫鍵。正確選項。

(B) 乙為乙酸乙酯。正確選項。

(C) 碳氧雙鍵結構($\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{—}$)在醛、酮、羧酸、酯、醯胺……等有機化合物中均存在，故甲乙丙丁皆具有碳氧雙鍵結構。正確選項。

(D) 具有醛基($\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{—H}$)的有機物才可與多倫試劑反應，丁為酮類，不具有醛基，無法與多倫試劑反應。錯誤選項。

(E) 戊可與溴水反應生成 3,4-二溴己烷，反應式如下：



錯誤選項。

3. 綜合上述分析，本題正確答案為(A)(B)(C)。

例 3.

「溶解度」的量測是一種可以簡易分辨固體化合物的方法。譬如廚房裡的鹽和糖在水中的溶解度就明顯不同，圖 1 (甲) 顯示鹽和糖在 100 克水中之溶解克數隨溫度 (°C) 的變化；圖 1 (乙) 則顯示不同化合物在水中溶解度隨溫度的變化，其中 NaCl 即圖 1 (甲) 中的鹽。

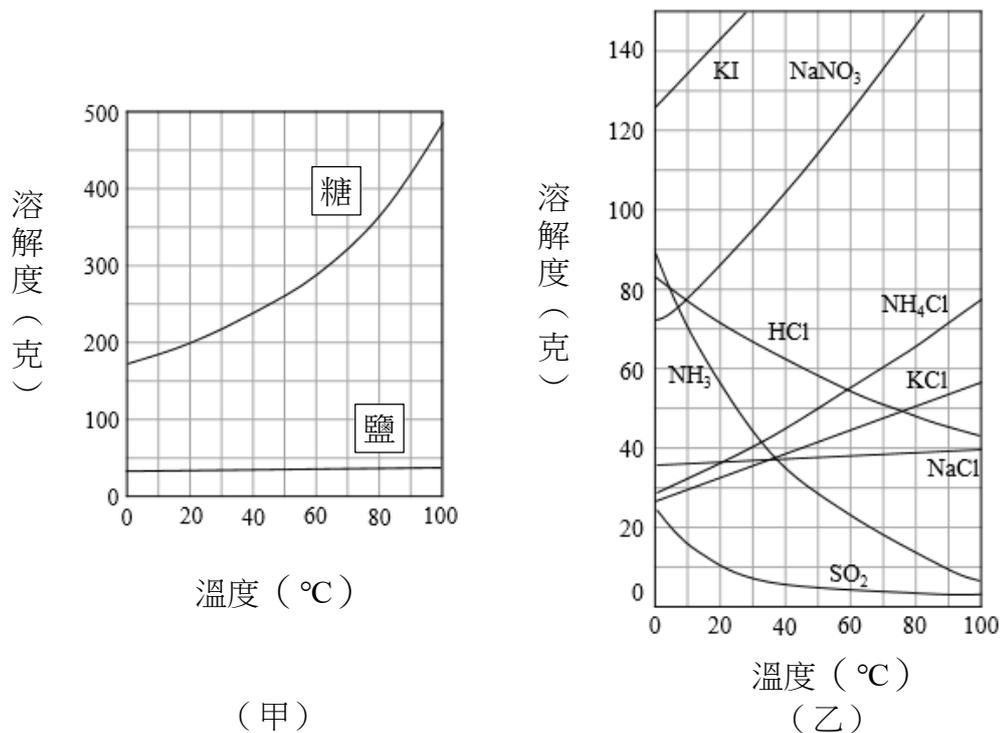


圖 1

依據圖 1 的實驗結果，下列敘述哪些正確？

- (A) 在 20°C 時，糖於水中的溶解度最大
- (B) 在沸水中時，鹽的溶解度是 20°C 水中的兩倍
- (C) 在 100°C 時，氣體於水中的溶解度都比固體小
- (D) 氣體在水中的溶解度，都隨溫度上升而下降
- (E) 在 50°C 時，三個燒杯各有 100 克水，分別溶解 35 克的 NaCl、KCl 和 NH₄Cl，降溫時會先析出 NaCl 結晶

(108 年研究用試卷)

參考答案：AD

測驗目標：1b. 基本的化學規則、學說及定律

3a. 理解化學資料的能力

學習表現：探究能力－問題解決 pa-V a-2

測驗內容：必修化學 水溶液中的變化 CjB-Vc-2 定量說明物質在水中溶解的程度會受到水溫的影響。

說明：

本題測驗考生理理解與分析實驗之圖表結果的能力，讓考生瞭解並推論基本的溶解度規則。

1. 各選項說明如下：

(A) 由(甲)圖可以查到 20°C 時，糖在水中的溶解度約 200 克，比(乙)圖各個化合物在 20°C 時的溶解度克數來得大。正確選項。

(B) 由(甲)、(乙)兩圖都可以看到 NaCl 的溶解度隨溫度變化很小， NaCl 在水中的溶解度 100°C 時約 40 克， 20°C 時約 37 克。錯誤選項。

(C) (乙)圖的化合物中， HCl 、 NH_3 和 SO_2 三者為氣體，其他為固體。 100°C 時 HCl 在水中的溶解度比 NaCl 大。錯誤選項。

(D) (乙)圖的化合物中， HCl 、 NH_3 和 SO_2 三者為氣體，由圖上的曲線判讀，此三氣體化合物的溶解度，都隨溫度上升而下降。正確選項。

(E) 由(乙)圖可以看到 NaCl 、 KCl 和 NH_4Cl 三個鹽類在水中的溶解度都隨溫度下降而下降。 50°C 時 NaCl 、 KCl 和 NH_4Cl 在水中的溶解度都大於 35 克，都完全溶解。從(乙)圖上 (50°C ，35 克) 這點平行 35 克的橫線往低溫方向走，最先碰到的是 KCl 曲線，表示降溫時 KCl 應該先析出。錯誤選項。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(A)(D)。

例 4.

早期新北市金瓜石附近除了產金外亦發現銅礦。由銅礦石所得到的粗銅常混著金、銀、鋁、鐵、白金及鋅等金屬，純度不高，不適合作為電線、電纜的材料，但可經由電解精煉以提高純度。銅的電解精煉如同實驗室的電解電鍍，精煉時以硫酸銅溶液為電解液，以純銅(精銅)與粗銅分別為兩電極，經通電一段時間後，純銅上的銅增多，同時其中一電極的下方會有金屬泥堆積。下列有關電解精煉銅的敘述，哪一選項正確？

(A) 以粗銅為陰極，精銅為陽極

(B) 金屬泥中含有銅

(C) 金屬泥中含有白金

(D) 金屬泥位於陰極下方

(E) 電解液可以改為硫酸銀溶液

(改寫自 107 學年度指考)

參考答案：C

測驗目標：1a. 基本的化學名詞、定義及現象

3a. 理解化學資料的能力

學習表現：探究能力－思考智能 tc-Va-1

測驗內容：選修化學 氧化與還原反應 CJc-Va-8 電解與電鍍的原理。

說明：

本題測驗考生對電解精煉（電解電鍍）的瞭解程度。

1. 各項敘述分析如下：

(A) 進行粗銅精煉時，應以粗銅作為陽極，連接電源的正極；以精銅作為陰極，連接電源的負極。錯誤選項。

(B) 已知金屬離子化趨勢為： $Al > Zn > Fe > Cu > Ag > Pt > Au$ ，在電解時，若粗銅端的電壓可使銅氧化，則粗銅中所含的銅會逐漸被氧化成銅離子而溶於電解液中，故不沉降於金屬泥中。錯誤選項。

(C) 粗銅中所含的白金，因其活性小於銅較不易離子化，會於陽極下方形成金屬泥。正確選項。

(D) 活性小於銅較不易離子化的金屬，會於陽極處形成金屬泥。錯誤選項。

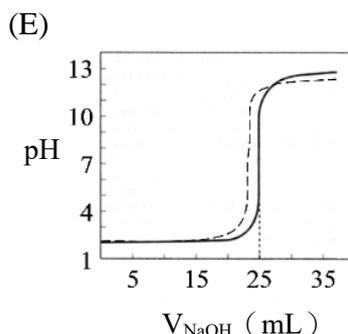
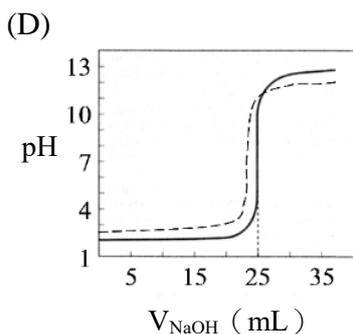
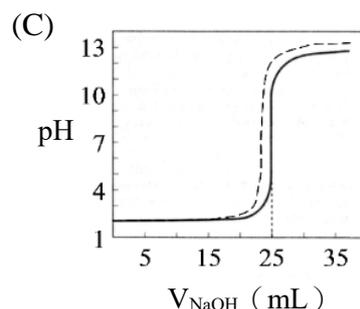
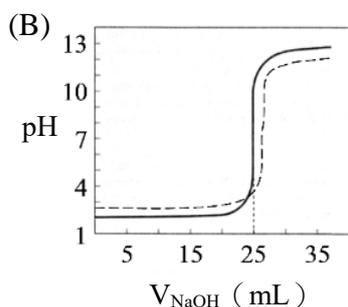
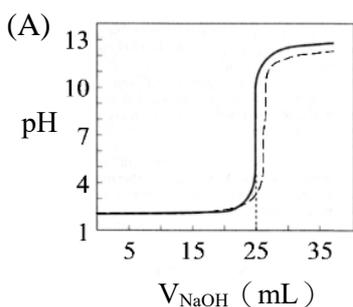
(E) 電解液若使用硫酸銀溶液，因銀離子較銅離子易還原，則銀離子會還原在精銅端產生銀析出，將會造成精銅的純度降低。錯誤選項。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(C)。

二、測驗考生的實驗技能與探究能力

例 5.

在進行酸鹼滴定實驗前，需要清洗滴定管及相關玻璃器皿。為避免滴定液濃度的改變影響實驗結果，在滴定液填充於滴定管前，需要以滴定液潤洗滴定管。小明與小荷欲以相同的氫氧化鈉溶液滴定同體積、同濃度鹽酸溶液，然而在準備過程中，小荷跳過以氫氧化鈉滴定液潤洗滴定管的步驟，就逕行填充滴定液並進行酸鹼中和滴定。下列選項的滴定曲線圖中，實線代表小明滴定結果，虛線則代表小荷滴定結果。試問哪一個滴定圖較為合理？



(改寫自 106 學年度指考)

參考答案：A

測驗目標：2a.化學實驗操作程序的認識

2c.化學實驗結果的推論與分析

學習表現：探究能力－問題解決 pe-Va-2

測驗內容：必修化學 酸鹼反應 CJd-Vc-3 $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ ，此數值可代表水溶液的酸鹼程度。

選修化學 酸鹼反應 CJd-Va-6 酸鹼滴定原理與定量分析。

說明：

本題測驗考生有關酸鹼中和滴定實驗的操作程序與結果推論。

1. 在進行酸鹼滴定實驗前，需要清洗滴定管及相關玻璃器皿。然而為避免滴定液濃度的稀釋影響實驗結果，在滴定液填充於滴定管前，需要以滴定液潤洗滴定管。
2. 滴定開始前：滴定曲線中，初始 pH 值與滴定液（氫氧化鈉溶液）無關，只與被滴定液（鹽酸）有關，故初始 pH 值不會隨滴定液的稀釋而變動，pH 值維持在 2.0。
3. 當量點前：進行滴定时，因操作者跳過以氫氧化鈉溶液潤洗滴定管的步驟，因此滴定管中的溶液濃度會被稀釋，故用其來滴定等量的鹽酸時，會消耗較多體積才會達到當量點。然而，稀釋的氫氧化鈉溶液濃度雖然降低，但仍為強鹼，與強酸滴定達當量點時，pH 值仍為 7.0 左右。
4. 當量點後：因被稀釋的氫氧化鈉溶液濃度較低，因此超過當量點後的 pH 值也會比原來略低。
5. 綜合上述分析，本題正確答案為(A)。

例 6.

王同學與三位同班同學在「探究與實作」課後，想以「氣體的反應物與生成物的定量關係」作為探究的主題。在張老師的指導下，設計一個實驗。實驗過程如下：

- (1) 從管理室領取一塊含鈣的白色固體甲，先將其打碎後做一系列的測試。
- (2) 固體甲不溶於水，但溶於稀鹽酸，並產生一種無色氣體乙。
- (3) 氣體乙會使澄清的石灰水混濁，產生沉澱丙，繼續通入氣體乙，則溶液的濁度逐漸增高，達最高點後逐漸降低。
- (4) 為了研究氣體反應物乙與固體生成物丙的定量關係，同學們取了一個盛裝氣體乙的鋼瓶，在 20°C 以及 795 毫米汞柱的壓力下，經過氣體計量器，徐徐把氣體乙連續通入 5 升的澄清石灰水 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 中，則見溶液逐漸變混濁。
- (5) 在通入氣體乙的過程中，每通入 20 毫升氣體，就測量溶液的濁度並換算成沉澱丙的質量 W ，得表 1。

表 1

測量序數	1	2	3	4	5	6	7	8
氣體乙的體積 V (mL)	20	40	60	80	100	120	140	160
沉澱丙的質量 W (mg)	87	175	260	350	370	280	190	105

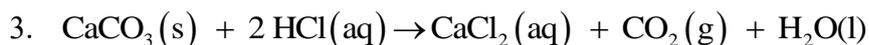
根據實驗結果回答下列問題。

1. 在答案卷作圖區的方格紙上，以自變數為 X 軸，描繪 V 與 W 的關係圖。
2. 試從所繪圖上，找出濁度最高（即沉澱量 W 最多）時需通入氣體的毫升數。
3. 寫出固體甲與稀鹽酸反應產生氣體乙的平衡化學反應式。
4. 試說明通入氣體乙於澄清的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液，為什麼溶液的濁度逐漸增高？

（改寫自 106 學年度指考）

參考答案：1. 如圖 2 所示

2. 約 93 毫升



4. 生成碳酸鈣沉澱

測驗目標：2a.化學實驗操作程序的認識

2b.化學實驗數據的解釋

2c.化學實驗結果的推論與分析

學習表現：探究能力－問題解決 pe-V a-1

探究能力－思考智能 tm-V a-1

測驗內容：選修化學 科學在生活中的應用 CMc-Va-4 常見非金屬與重要的化合物之製備、性質及用途。

探究與實作 論證與建模－提出結論或解決方案

說明：

本題測驗考生將實驗數據作圖、推論數據因果關係、撰寫化學反應式、判斷實驗條件的能力。

【第 1 小題】

當變數 X 的值確定後，變數 Y 的值才可以被確定，因此變數 X 稱為自變數，變數 Y 稱為應變數。進行實驗操作時，自變數可視為操縱變因，應變數可視為應變變因。依題意，自變數（ X 軸）為通入的氣體乙體積，應變數（ Y 軸）為產生的沉澱丙質量，關係圖如圖 2 所示：

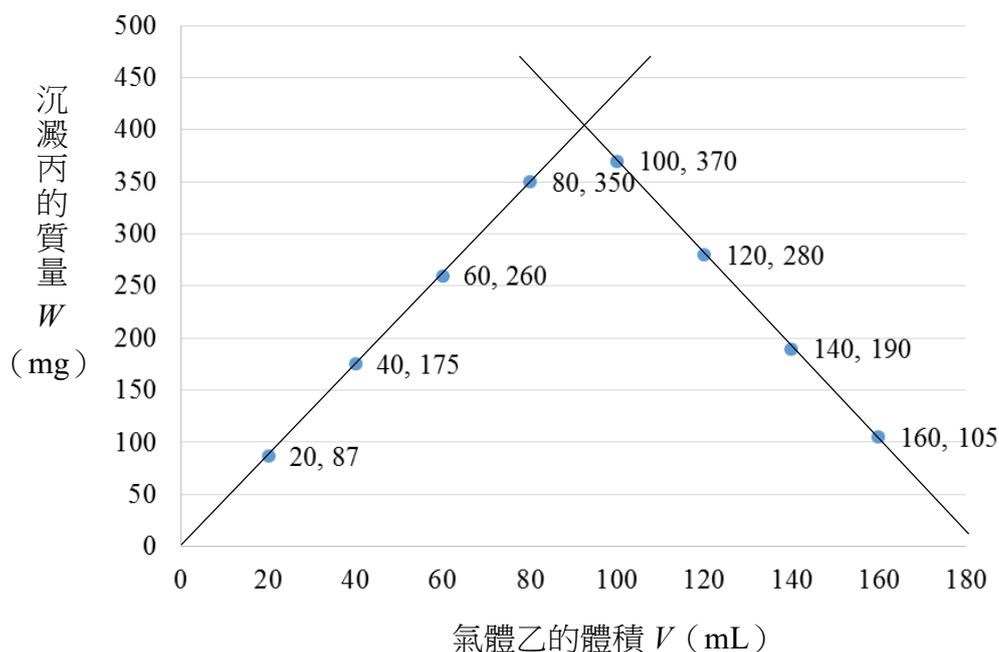


圖 2

【第 2 小題】

觀察第 1 小題的關係圖，可看出測量序數 1~4 的數據呈線性遞增的關係，而測量序數 5~8 的數據呈線性遞減的關係，表示隨著通入的氣體乙愈多，產生的沉澱丙會有先增後減的現象，故沉澱丙的質量會有一最大值。延伸趨勢線可發現兩線約交會在點 $(X, Y) = (93, 400)$ 的位置，代表通入的氣體乙體積為 93 毫升時，產生的沉澱丙質量最大，濁度最高。

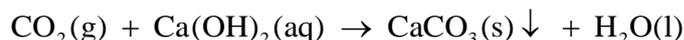
【第 3 小題】

固體甲含鈣且難溶於水，可溶於稀酸並產生無色氣體乙，而氣體乙可使澄清石灰水混濁，但通入過量氣體乙又可使石灰水變澄清，此過程敘述可聯想到製備暫時硬水的實驗，亦即將二氧化碳持續通入定量石灰水，產生沉澱後沉澱又消失，立即停止通入二氧化碳，即可得成分為碳酸氫鈣的暫時硬水。因此，可推測固體甲為碳酸鈣，碳酸鈣難溶於水，但可溶於稀酸並產生二氧化碳，氣體乙即為二氧化碳。化學反應式為：



【第 4 小題】

將氣體乙通入澄清的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液，會產生難溶於水的碳酸鈣沉澱，故濁度會升高。化學反應式為：



例 7.

「再結晶」是純化固體物質常用的技術，我們食用的精鹽就是利用「再結晶」技術從粗鹽中純化而得。實驗步驟通常是利用加熱把固體物質完全溶解於溶劑中，待冷卻後，純物質形成結晶沉澱出來，而雜質仍然溶在溶液中；再過濾把固體與液體分開，就可以得到純化的固體結晶。楊同學利用「再結晶」技術純化某化合物，其步驟如下：把 0.25 克的不純樣品粉末倒入裝有 20 毫升溶劑的 100 毫升錐型瓶中，加上軟木塞，在 80°C 油浴中加熱並攪拌十分鐘後，把錐形瓶移到室溫下自然冷卻一天，可得到純化的晶型沉澱物。他利用電子顯微鏡觀察所得結晶，發現晶型沉澱物都是棒狀晶體，而且使用不同比例的醇和水之混合溶劑，可以得到不同大小的晶體。他也發現在不同的溶劑中，沉澱物出現越快者，所得的棒狀晶體越小且長度越短，此棒狀晶體的長度與醇和水之混合比例關係如圖 3 所示：

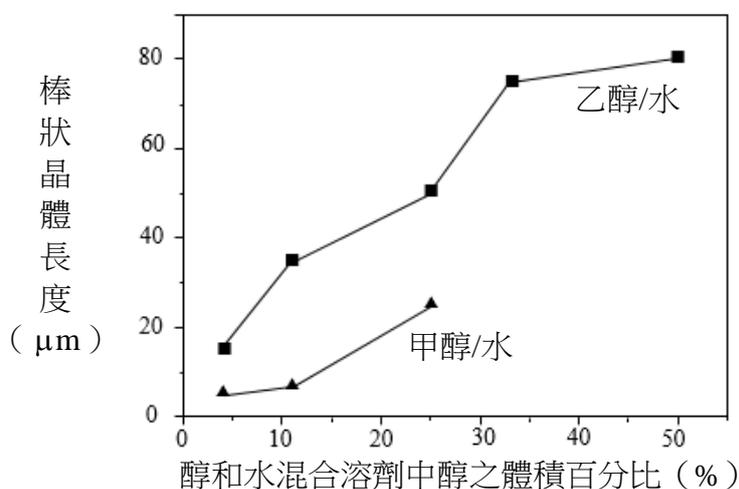


圖 3

依據上述實驗結果，下列敘述哪些為正確？

- (A) 溶劑中水的含量越高，所得的棒狀晶體越長
- (B) 結晶的顆粒越小表示化合物在溶劑中的溶解度較小，結晶速率較快
- (C) 室溫下該樣品在三種溶劑化合物中的溶解度應是水 < 甲醇 < 乙醇
- (D) 此實驗若用純水做溶劑，所得的棒狀晶體長度應該會小於 10 μm
- (E) 若改用 100% 乙醇為溶劑，所得的棒狀晶體長度應該介於 60~80 μm

(108 年研究用試卷)

參考答案：BCD

測驗目標：2b. 化學實驗數據的解釋

2c. 化學實驗結果的推論與分析

學習表現：探究能力—思考智能 tr-Va-1

測驗內容：必修化學 水溶液中的變化 CJb-Vc-1 溶液的種類與特性。

探究與實作 論證與建模—解釋和推理

說明：

本題測驗考生依據再結晶實驗的操作程序與實驗結果對溶解度與結晶關係之瞭解。

1. 各選項說明如下：

- (A) 由圖 3 的曲線判讀醇在溶劑中之體積百分比越高，所得棒狀晶體的長度越長，意即溶劑中水的含量越低，所得的棒狀晶體越長。錯誤選項。
- (B) 沉澱物出現越快表示樣品粉末在此溶劑中的溶解度越小，而題目亦敘述沉澱物出現越快，所得的棒狀晶體越小。正確選項。
- (C) 由圖 3 的曲線判讀，當醇類的體積百分比愈高時，所得到的棒狀晶體長度愈長，而且，於相同體積百分比的醇/水溶劑中，使用乙醇所得的晶體長度大於甲醇。故可以推論此樣品較易溶於乙醇，其次是甲醇，最難溶於水。正確選項。
- (D) 由圖 3 上的兩條曲線外插到橫軸的零點時，應該相交於同一點（純水），發現縱軸截點都低於 $10\ \mu\text{m}$ 。正確選項。
- (E) 由圖 3 的曲線判讀乙醇在溶劑中之體積百分比為 50% 的溶劑中，可得到棒狀晶體的長度約 $80\ \mu\text{m}$ 。而且，乙醇在溶劑中之體積百分比越高，所得棒狀晶體的長度越長。推測在 100% 乙醇溶劑中，棒狀晶體長度應該大於 $80\ \mu\text{m}$ 。錯誤選項。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(B)(C)(D)。

例 8.

表 2 為碘鐘實驗所需要的試劑濃度及取量和實驗紀錄，其中 NaCl (B 欄) 與 K_2SO_4 (C 欄) 溶液並不參與反應，其功能為維持離子濃度固定，另已知過硫酸根離子 ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$) 與碘離子 (I^-) 反應形成 SO_4^{2-} 及 I_2 ，硫代硫酸根離子 ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) 會與 I_2 反應形成四硫磺酸根離子 ($\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$) 和碘離子 (I^-)。

表2

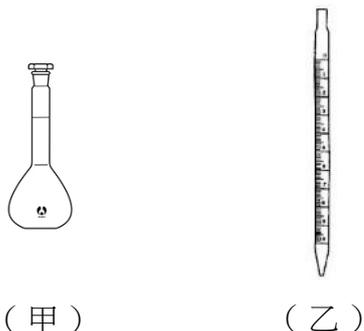
	A	B	C	D	E	F	
編號	0.2 M NaI (mL)	0.2 M NaCl (mL)	0.1 M K_2SO_4 (mL)	2% 澱粉 (mL)	0.005 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL)	0.1 M $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (mL)	反應變 色時間 (sec)
1	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	50.0
2	2.0	2.0	0	1.0	1.0	4.0	24.8
3	4.0	0	2.0	1.0	1.0	2.0	25.0

實驗方法描述如下：

- (1) 先將 A、B、C、D 四液混合
- (2) 接續添加 E 溶液後，迅速添加 F 溶液並開始計時

反應溶液會在一段時間內保持無色狀態，而後轉變成藍黑色溶液。由混合到變色的這段時間可被精確計時，變色時間長短則受反應物濃度影響。試回答下列問題：

1. 進行碘鐘實驗時，需使用以下的（甲）、（乙）兩種實驗器材，試說明器材名稱與用途？



2. 表 2 之「反應變色時間」由哪一個反應物消耗完畢所決定？
3. 若已知碘鐘反應之速率定律式為 $\text{rate} = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^m[\text{I}^-]^n$ ，請依表 2 數據列式計算求出反應之總反應級數為多少？

（108 年研究用試卷）

參考答案：1. （甲）定量瓶、容量瓶、量瓶：精準製備反應溶液
 （國家教育研究院「化學術語」名詞公告為定量瓶、容量瓶；「物理化學儀器設備」名詞公告為量瓶。）
 （乙）刻度吸管/（分度）吸量管：精準取出實驗所需之溶液體積

2. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ （硫代硫酸鈉）

3. $r = k [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^m [\text{I}^-]^n$ ， $m = n = 1$ ，反應總級數 $m + n = 2$

測驗目標：2a.化學實驗操作程序的認識
 2b.化學實驗數據的解釋
 2c.化學實驗結果的推論與分析

學習表現：探究能力－問題解決 pe-V a-2

測驗內容：選修化學 化學反應速率與平衡 CJe-Va-1 反應速率定律式。
 探究與實作 規劃與研究－擬定研究計畫、收集資料數據

說明：

本題測驗考生對實驗技術與器材瞭解，並應用於反應級數之計算。

【第 1 小題】

(甲) 定量瓶、容量瓶、量瓶：精準製備反應溶液

(乙) 刻度吸管/(分度)吸量管：精準取出實驗所需之溶液體積

【第 2 小題】

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (硫代硫酸鈉)

反應速率 (rate) 為單位時間 (Δt) 內特定反應物種的消耗量或生成量。本實驗的設計中，特定反應物種為限量的硫代硫酸根，亦即以限量的 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 作為計時劑。其可與反應產物之一的 I_2 作用 ($2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$)。 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 與 I_2 反應的速率極快，可以在混合的剎那間即完成，所以 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 與 I^- 所生成的 I_2 (反應式為 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{I}^- \rightarrow 2\text{SO}_4^{2-} + \text{I}_2$) 可以立刻被 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 消耗再產生 I^- 。事實上，可以視為有 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 存在時， I_2 不會存在。一旦 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 消耗完時， I_2 與 I^- 形成 I_3^- ， I_3^- 就會與原先放入反應液中的澱粉指示劑生成藍黑色錯合物。即為硫代硫酸根消耗殆盡時，反應溶液會變成藍黑色溶液。

因此，反應速率(r) = $\frac{\text{硫代硫酸根變化量}}{\text{變色時間}}$ 。

本實驗固定了硫代硫酸根變化量，因此不同次實驗的反應速率比值相當於變色時間倒數之比值。

【第 3 小題】

$$r = k [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^m [\text{I}^-]^n$$

$$r_1 = k(0.1 \text{ M} \times 2.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^m (0.2 \text{ M} \times 2.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^n$$

$$r_2 = k(0.1 \text{ M} \times 4.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^m (0.2 \text{ M} \times 2.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^n$$

$$r_3 = k(0.1 \text{ M} \times 2.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^m (0.2 \text{ M} \times 4.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^n$$

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{50.0}{24.8} = 2 = \frac{k(0.1 \text{ M} \times 4.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^m (0.2 \text{ M} \times 2.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^n}{k(0.1 \text{ M} \times 2.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^m (0.2 \text{ M} \times 2.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^n} = 2^m$$

依上式 $m=1$

$$\frac{r_3}{r_1} = \frac{50.0}{25.0} = 2 = \frac{k(0.1 \text{ M} \times 2.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^m (0.2 \text{ M} \times 4.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^n}{k(0.1 \text{ M} \times 2.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^m (0.2 \text{ M} \times 2.0 \text{ mL} / 10.0 \text{ mL})^n} = 2^n$$

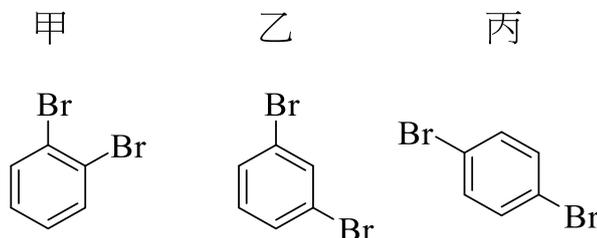
依上式 $n=1$

反應總級數 $m + n = 2$

三、測驗考生的推理與思考能力

例 9.

二溴苯具有下列三種異構物：



為了區別這三種異構物，可將此三種化合物分別進行溴化反應，並鑑定所得之三溴苯所具有的異構物多寡。試問下列各化合物所能得到的三溴苯異構物數目，何者正確？

- (A)甲：1；乙：2；丙：3
 (B)甲：3；乙：2；丙：1
 (C)甲：2；乙：3；丙：1
 (D)甲：2；乙：1；丙：3
 (E)甲：1；乙：3；丙：2

(108 年研究用試卷)

參考答案：C

測驗目標：3b.分析化學資料的能力

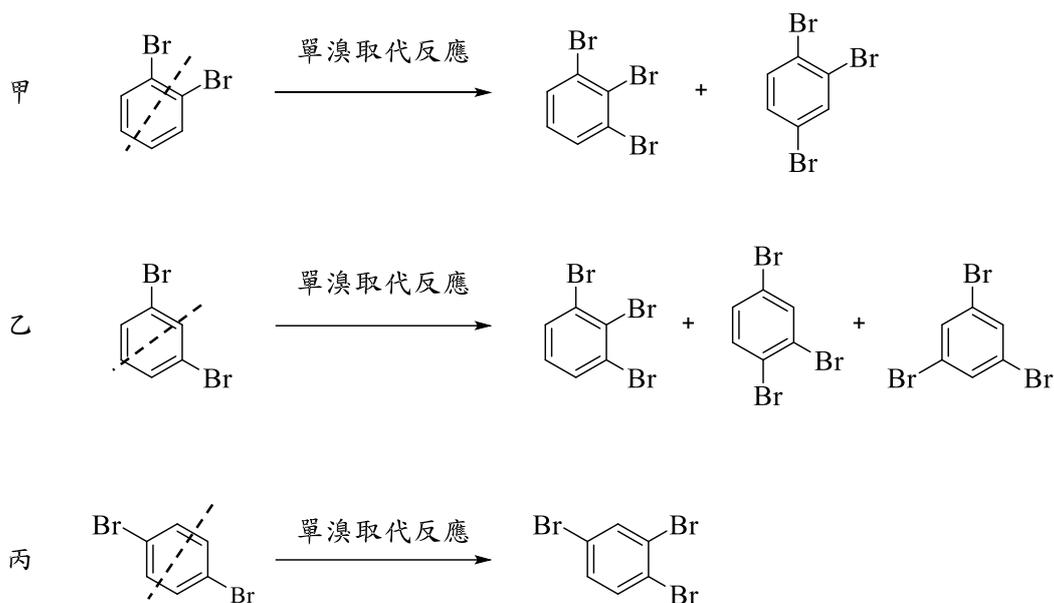
學習表現：探究能力－思考智能 tr-Va-1

測驗內容：選修化學 物質的結構與功能 CCb-Va-1 同分異構物的結構與功能。

說明：

本題屬於有機結構判定的範疇，測驗考生對苯的結構及其衍生物結構之理解。

1. 本題首先必須對苯的結構有基礎的瞭解，知道其中的三個雙鍵因共振結構而有具有特殊的對稱性。
2. 化合物甲雖有四個可被取代的氫，但因對稱性的存在，實際上只有兩種不同環境的氫，因此只會得到兩種三溴苯異構物；化合物乙則有三種不同的氫，可得到三種三溴苯異構物；化合物丙的對稱性使得四個氫都是對等的，僅能得到一種三溴苯異構物，如下圖所示。



3. 綜合上述分析，本題正確答案為(C)。

例 10.

王同學以排水集氣法做收集氧氣的實驗。當收集氧氣到達如圖 4 (甲) 所示的程度時，隨即停止收集，並將收集瓶向上拉升如圖 4 (乙) 所示，使得 $h_3 + h_4$ 大於 $h_1 + h_2$ 。若根據上述實驗，則下列哪一敘述正確？（假設大氣壓力為一大氣壓，溫度為 25°C ）

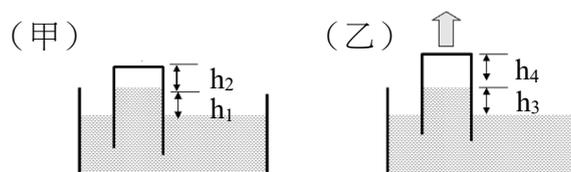


圖 4

- (A) h_1 等於 h_3
 (B) h_2 大於 h_4
 (C) 拉升後，收集瓶內水的蒸氣壓不變
 (D) 拉升前後，收集瓶內的氣態水分子數目維持不變
 (E) (收集瓶內的氧氣壓力) 加上 (液柱高度壓力)，其總和恰等於一大氣壓

(改寫自 106 學年度指考)

參考答案：C

測驗目標：3c.綜合與評價化學資料的能力

學習表現：探究能力－思考智能 ti-Va-1

測驗內容：選修化學 氣體 CEc-Va-3 理想氣體三大定律與理想氣體方程式。

CEc-Va-4 道耳頓分壓定律。

說明：

本題測驗考生對排水集氣法的實驗現象、道耳頓分壓定律及飽和蒸氣壓相關概念的瞭解。使用排水集氣法收集氧氣，若集氣瓶內水面較瓶外高，則集氣瓶內、外的壓力關係為：

$$\text{瓶外大氣壓} = \text{瓶內氧氣壓力} + \text{飽和水蒸氣壓} + \text{液面差壓} \dots\dots\dots (1)$$

本題假設瓶外大氣壓為一大氣壓，利用式(1)之觀念，分別列出圖(甲)與圖(乙)中之壓力關係：

$$\text{圖(甲)中, } 1 \text{ atm} = P_{\text{O}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} + h_1 \Rightarrow P_{\text{O}_2} + h_1 = 1 \text{ atm} - P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ}$$

$$\text{圖(乙)中, } 1 \text{ atm} = P'_{\text{O}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} + h_3 \Rightarrow P'_{\text{O}_2} + h_3 = 1 \text{ atm} - P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ}$$

$$\text{因定溫時, 飽和水蒸氣壓 (} P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} \text{) 為定值, 故 } P_{\text{O}_2} + h_1 = P'_{\text{O}_2} + h_3 \dots\dots\dots (2)$$

1. 各選項說明如下：

(A) 觀察圖(甲)與圖(乙)，知 $h_2 < h_4$ ，代表集氣瓶內氧氣的體積大小為圖(甲) <

圖(乙)，已知定溫定量的氣體其體積與壓力成反比，因此圖(甲)中氧氣的壓力會大於圖(乙)中氧氣的壓力，即

$$P_{\text{O}_2} > P'_{\text{O}_2} \dots\dots\dots (3)$$

綜合式(2)、式(3)，得 $h_1 < h_3$ 。錯誤選項。

(B) 觀察圖(甲)與圖(乙)，知 $h_2 < h_4$ 。錯誤選項。

(C) 飽和水蒸氣壓 ($P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ}$) 不受容器體積、形狀、液相量多寡而影響，只要是定溫且液、氣共存的平衡狀態，飽和水蒸氣壓恆為定值，故拉升前後，集氣瓶內的飽和水蒸氣壓力 ($P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ}$) 不變。正確選項。

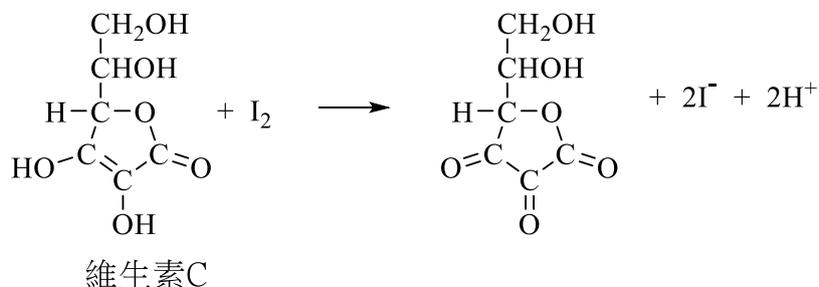
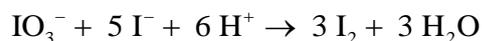
(D) 由於 $h_2 < h_4$ ，因此 h_2 拉升成 h_4 時，體積變大，集氣瓶內的液態水會再揮發成水蒸氣，方可維持飽和水蒸氣壓為定值(因為定溫定壓下，氣體之體積與莫耳數成正比，體積變大，氣體莫耳數也會增加)，故拉升後，集氣瓶內的氣態水分子數目會增多。錯誤選項。

(E) (收集瓶內的氧氣壓力) 加上 (液柱高度壓力) 加上 (飽和水蒸氣壓)，其總和方等於一大氣壓。錯誤選項。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(C)。

例 11.

王同學利用下列氧化還原反應，測定維他命 C 片中的維生素 C 含量。



將一市售維他命 C 片溶於 50 毫升蒸餾水，接著加入 2 毫升的 1 M NaI 水溶液、2 毫升的 1 M HCl 水溶液和 2 毫升的 2% 澱粉水溶液，並以 0.025 M KIO_3 水溶液滴定至剛好呈藍黑色。若達滴定終點時使用了 20.0 毫升 KIO_3 水溶液，則此維他命 C 片中含的維生素 C，最接近下列哪一數值（毫克）？（已知維生素 C 的分子量 = 176）

- (A) 88 (B) 176 (C) 264 (D) 352 (E) 528

(108 年研究用試卷)

參考答案：C

測驗目標：3b. 分析化學資料的能力

3c. 綜合與評價化學資料的能力

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Va-2

測驗內容：選修化學 化學反應與平衡二 C1c-Va-4 氧化還原滴定原理與定量分析。

說明：

本題測驗考生在提供化學反應式的前提下，依照題幹敘述之實驗方法描述，理解此氧化還原滴定的原理，並能掌握化學計量的基本計算。

- 此氧化還原滴定的原理乃使用碘酸根將碘離子氧化成碘分子，而碘分子則被維生素 C 還原成碘離子，當維生素 C 用盡時， I_2 與 I^- 形成 I_3^- ， I_3^- 就會與原先放入反應液中的澱粉指示劑生成藍黑色錯合物。
- 就計量而言，1 莫耳碘酸根可產生 3 莫耳碘分子，而 3 莫耳碘分子消耗 3 莫耳維生素 C。濃度為 0.025 M 的滴定液用量為 20.0 毫升，其中含有的 IO_3^- 量為

$$0.025 \text{ M} \times 20.0 \text{ mL} = 0.50 \text{ mmol}$$

會消耗 $0.50 \text{ mmol} \times 3 = 1.5 \text{ mmol}$ 維生素 C，其質量為

$$1.5 \text{ mmol} \times 176 \text{ g/mol} = 264 \text{ mg}$$

- 綜合上述分析和計算，本題正確答案為(C)。

例 12.

甲醛是室內常見的揮發性有機物，其主要來源為裝修建材及傢俱。人體若長時間接觸到甲醛，可能造成皮膚或呼吸道感染，甚至有致癌的危險。科學家正在開發常溫下能氧化分解甲醛的觸媒物質，某些科學家把二氧化錳負載在一個二氧化矽骨架的孔洞材料後，在空氣中經過不同溫度加熱（通常稱為煨燒），所得到的觸媒，再測量其對甲醛氧化分解的效率，其反應示意圖如圖 5。

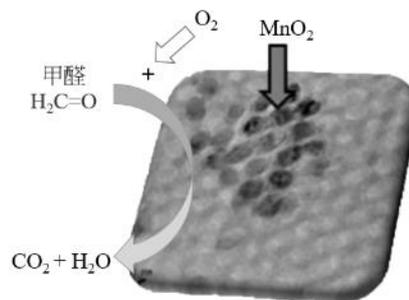


圖 5

針對不同二氧化錳負載量以及經過不同煨燒溫度所得的觸媒，測量其在不同反應溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）對甲醛轉化的莫耳百分比作圖，並與 0.5% Pt 負載 TiO_2 的觸媒作比較，結果如圖 6 與圖 7 所示。

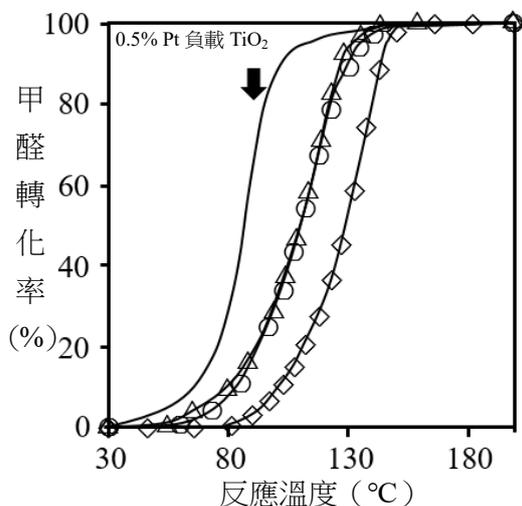


圖 6

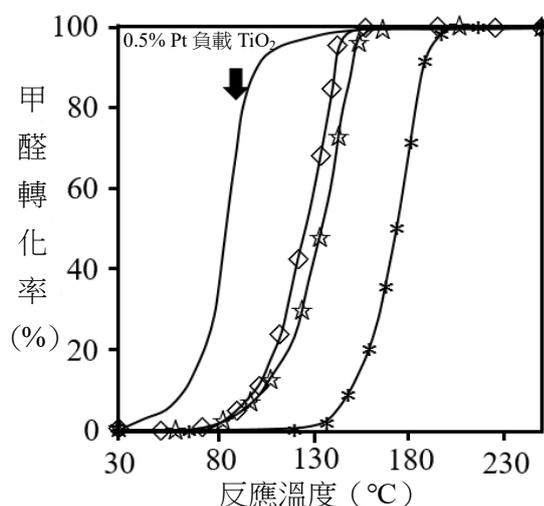


圖 7

- (◇) 15% 二氧化錳負載量/200 $^{\circ}\text{C}$ 煨燒溫度
- (△) 30% 二氧化錳負載量/200 $^{\circ}\text{C}$ 煨燒溫度
- (○) 40% 二氧化錳負載量/200 $^{\circ}\text{C}$ 煨燒溫度
- (☆) 15% 二氧化錳負載量/400 $^{\circ}\text{C}$ 煨燒溫度
- (*) 15% 二氧化錳負載量/600 $^{\circ}\text{C}$ 煨燒溫度

依據上述實驗結果，試判斷下列敘述哪些正確？

- (A) 在 200 $^{\circ}\text{C}$ 煨燒溫度所得的觸媒，比較 15% 與 30% 二氧化錳負載量，前者的甲醛分解效率較差
- (B) 當固定 15% 二氧化錳負載量時，煨燒溫度越低所得的觸媒對甲醛的分解效率越好
- (C) 使用 15% 二氧化錳負載量且煨燒溫度為 200 $^{\circ}\text{C}$ 所得的觸媒，在 130 $^{\circ}\text{C}$ 的反應溫度下，可以完全分解甲醛
- (D) 二氧化錳負載孔洞材料中，對甲醛分解表現最好者，是 15% 二氧化錳負載量與 600 $^{\circ}\text{C}$ 煨燒溫度所得的觸媒
- (E) 與 0.5% Pt 負載 TiO_2 的觸媒比較，此實驗所使用之二氧化錳負載孔洞材料對甲醛的分解效率較佳

(108 年研究用試卷)

參考答案：AB

測驗目標：3a.理解化學資料的能力

3b.分析化學資料的能力

學習表現：探究能力－問題解決 po-Va-2

測驗內容：選修化學 科學在生活中的應用 CMc-Va-6 先進材料

說明：

本題利用對環境污染的關注，測驗考生從實驗的數據變化來判讀化學反應的影響變因。

1. 各選項說明如下：

- (A)從圖 6 的曲線判讀，15%二氧化錳負載量的觸媒與 30%二氧化錳負載量的觸媒比較，前者需要在較高的反應溫度才能達到與後者相同之甲醛轉化率。正確選項。
- (B)從圖 7 的曲線判讀，煅燒溫度較低所得的觸媒可以在較低的反應溫度就能達到相同之甲醛轉化率。正確選項。
- (C)從圖 6 判讀 15%二氧化錳負載量/200°C煅燒的觸媒於 130°C下只有 50~70%轉化率。錯誤選項。
- (D)綜合兩圖的曲線結果，能在最低溫完全分解甲醛的是 30%二氧化錳負載量/200°C煅燒溫度的觸媒。錯誤選項。
- (E)從兩圖的曲線結果，0.5%Pt 負載TiO₂的觸媒與此實驗所使用的二氧化錳負載孔洞材料比較，前者能在更低溫即可開始分解甲醛。錯誤選項。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(A)(B)。

四、測驗考生應用化學知識的能力

例 13.

為了要對蛋殼的組成成分進行探究，王同學取兩個 250 毫升的玻璃燒杯，以油性筆在其外表分別標記「甲」和「乙」，之後，各置入一顆大小相當的生雞蛋，並於甲燒杯中加入 200 毫升蒸餾水，於乙燒杯中加入 200 毫升 20%醋酸水溶液。隨即以培養皿罩住杯口，讓燒杯靜置於常溫室內的桌上，觀察甲、乙兩燒杯內雞蛋的變化情形；觀察結果紀錄如下：

表 3

樣品	最初長度	隔日長度	期間變化情形
甲蛋	6.0 cm	6.0 cm	自加入水後，雞蛋始終沉於杯底，期間無肉眼可察覺的變化。
乙蛋	6.1 cm	6.6 cm	加入 20%醋酸後，雞蛋浮起，並於蛋殼外表產生許多氣泡（圖 8）；第二天，蛋殼已消失，僅剩以蛋膜包覆的雞蛋（圖 9），摸起來軟軟的。

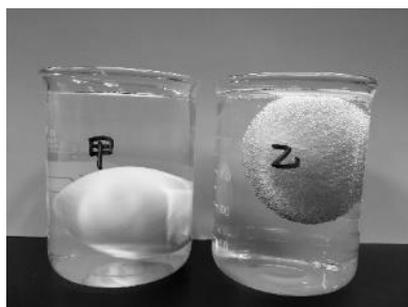


圖 8

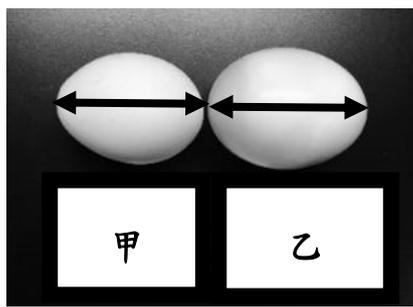


圖 9



圖 10

根據上文所述，回答下列問題。

- 根據上述實驗資料，下列何者最可能為蛋殼的主要組成成分？
 (A)氧化鈣 (B)氯化鈣 (C)碳酸鈣
 (D)硫酸鈣 (E)氫氧化鈣
- 若在實驗過程中，以圖10所示的裝置收集乙燒杯中所產生的氣體，再以點燃的線香抵進集氣管的開端，則線香的燃頭最可能發生下列何種狀況？
 (A)熄滅 (B)變亮 (C)沒有變化
 (D)燃燒顏色變藍 (E)產生爆裂火花
- 根據王同學的實驗結果，表4中的哪幾項為合理推論？

表 4

甲	純水不能溶解蛋殼
乙	溶解蛋殼是醋酸的效應
丙	蛋殼的溶解速率與溫度有關
丁	20%醋酸水溶液為雞蛋的低張溶液
戊	蛋殼的溶解速率與醋酸的濃度呈正相關

- (A)僅甲 (B)甲、乙 (C)甲、乙、丁
 (D)甲、丙、戊 (E)甲、丁、戊

(108 年研究用試卷)

參考答案：1. C

2. A

3. C

測驗目標：1a.基本的化學名詞、定義及現象

4a.瞭解化學與生活情境的關係

學習表現：探究能力－問題解決 pc-V a-1

測驗內容：選修化學 科學在生活中的應用 CMc-Va-4 常見非金屬與重要的化合物之製備、性質及用途。

探究與實作 論證與建模－提出結論或解決方案

說明：

本題測驗考生對蛋殼的化學組成，及其和醋酸生成氣體之性質及實驗現象，進行假設推論及分析。各項敘述分析後結果如下：

【第 1 小題】

1. 各選項說明如下：

(A) 氧化鈣 (CaO) 與水反應之方程式為 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ ，氫氧化鈣僅微溶於水，與醋酸反應為酸鹼中和反應，且不產生氣體。錯誤選項。

(B) 氯化鈣 (CaCl_2) 可溶於水並放熱，但不會與醋酸產生氣泡。錯誤選項。

(C) 碳酸鈣 (CaCO_3) 浸泡於醋酸時，會發生化學反應，其化學反應方程式： $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ，蛋殼表面產生的氣泡即是 CO_2 。當碳酸鈣都消耗掉後，蛋殼就不見了，僅剩蛋膜包覆。正確選項。

(D) 硫酸鈣 (CaSO_4) 為石膏主成分，僅微溶於水。而且與醋酸溶液不產生氣體。錯誤選項。

(E) 氫氧化鈣 (Ca(OH)_2) 僅微溶於水，與醋酸反應為酸鹼中和反應，其化學反應式為 $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ，不產生氣體。錯誤選項。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(C)。

【第 2 小題】

因為從乙燒杯收集到的氣體為 CO_2 ，故當線香的燃頭接近時，最可能發生熄滅的狀況。綜合上述分析，本題正確答案為(A)。

【第 3 小題】

1. 各選項說明如下：

(甲) 甲燒杯為純水。因蛋殼在甲燒杯中不發生溶解，故可以證實純水不能溶解蛋殼。合理推論。

- (乙) 甲燒杯與乙燒杯的差別在於是否含有醋酸，而蛋殼在乙燒杯中會有溶解現象發生，故可證實溶解蛋殼是醋酸的效應。合理推論。
- (丙) 本實驗並未測驗不同溫度與蛋殼溶解速率之關係，故本實驗無法證實「蛋殼的溶解速率與溫度有關」。錯誤推論。
- (丁) 20%醋酸水溶液為雞蛋的低張溶液（生物用詞，為跨學科命題範例），是根據乙蛋的作用前後的體積變化來判斷。合理推論。
- (戊) 本實驗並未測驗不同醋酸濃度與蛋殼溶解速率之關係，故本實驗無法證實「蛋殼的溶解速率與醋酸的濃度呈正相關」。錯誤推論。

2. 綜合上述分析推論，本題正確答案為(C)。

例 14.

在麵包的製作過程中，常以小蘇打 (NaHCO_3) 做為膨鬆劑，然而在使用小蘇打之前，碳酸氫銨 (NH_4HCO_3) 亦曾是這類食品的膨鬆劑。使用碳酸氫銨時，於麵包烘焙過程中（約 190 至 230°C）會釋出甲、乙與丙三種氣體，其中甲有刺鼻味，而乙與丙均沒有味道。若於同溫度範圍內使用小蘇打烘焙麵包時，則會產生兩種氣體及碳酸鈉 (Na_2CO_3)。下列有關此兩種烘焙過程的敘述，哪些正確？

- (A) 每 1 莫耳的碳酸氫銨會產生 3 莫耳的氣體
- (B) 每 1 莫耳的小蘇打會產生 2 莫耳的氣體
- (C) 使用小蘇打時，不會產生甲
- (D) 使用小蘇打時，不會產生乙與丙
- (E) 使用碳酸氫銨時，所產生的甲是氨氣

（改寫自 107 學年度指考）

參考答案：ACE

測驗目標：2c.化學實驗結果的推論與分析

4a.瞭解化學與生活情境的關係

學習表現：科學的態度與本質 ah-V a-2

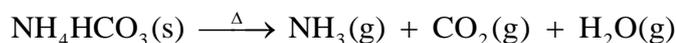
測驗內容：選修化學 科學在生活中的應用 CMc-Va-2 常見金屬及重要的化合物之製備、性質及用途。

說明：

本題測驗考生對於常見的物質特性及反應式平衡、化學計量的瞭解程度。

1. 各選項說明如下：

- (A) 題幹提示，碳酸氫銨受熱分解的氣體中，含有臭味的氣體甲，可推測氣體甲應為氨氣，則碳酸氫銨受熱分解的反應式如下：



每 1 莫耳的碳酸氫銨會產生 3 莫耳的氣體。正確選項。

(B) 小蘇打受熱分解會產生水與二氧化碳氣體，其反應式如下：



每 1 莫耳的小蘇打會產生 1 莫耳的氣體。錯誤選項。

(C) 綜合上述結果，甲氣體應為 $\text{NH}_3(\text{g})$ ，使用小蘇打時不會產生甲。正確選項。

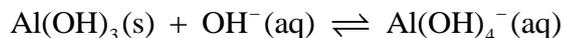
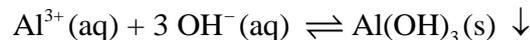
(D) 綜合上述結果，乙、丙氣體應為 $\text{CO}_2(\text{g})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。使用小蘇打時會產生乙與丙。
錯誤選項。

(E) 使用碳酸氫銨時產生的甲氣體是氨氣。正確選項。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(A)(C)(E)。

例 15.

五月是陽明山的繡球花季。繡球花剛開花時，綠色的花萼會漸漸轉為乳白色、黃色或淡粉色，然後依據植物吸收含鋁離子的量，而決定最後呈現的顏色。當土壤的 pH 值在 5.5 以下時，土壤中的含鋁離子會與植物中的色素結合，而使花萼呈現藍紫色；而當土壤的 pH 值在 6.5-7.5 時，花萼則為粉紅色或紅色。因此，繡球花被喻為是測量土壤酸鹼度的天然酸鹼指示劑。已知鋁離子於鹼性環境中可進行以下反應：



試問下列敘述，哪些正確？

- (A) 當土壤呈微鹼性 (pH = 7.5) 時，鋁離子與 OH^{-} 形成氫氧化鋁 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉澱，故繡球花萼呈現紅色
- (B) 添加 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 於酸性土壤中，使鋁離子濃度增加，故繡球花萼呈現藍紫色
- (C) 若欲轉變藍紫色花萼為紅色花萼，可考慮在土壤中添加含碳酸鉀 (K_2CO_3) 的草木灰
- (D) 在較高鹼性的土壤中，鋁離子多以四羥基鋁酸根 $\text{Al}(\text{OH})_4^{-}$ 形式存在，此時的繡球花萼顏色為藍紫色
- (E) 已知磷酸鋁在酸中的溶解度低，在酸性土壤中添加含磷酸鋁的肥料，繡球花萼易呈藍紫色

(108 年研究用試卷)

參考答案：ABCD

測驗目標：4a. 瞭解化學與生活情境的關係

4b. 瞭解化學與其他學科的關係

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Va-2

測驗內容：選修化學 科學在生活中的應用 CMc-Va-2 常見金屬及重要的化合物之製備、性質及用途。

說明：

測驗考生瞭解化學與生活情境及其他學科的關係。

1. 各選項說明如下：

- (A) 當土壤呈微鹼性時，土壤中的鋁離子易與 OH^- 形成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉澱，故無法與植物中的色素結合，而使花萼呈現紅色。正確選項。
- (B) 藉由添加額外的鋁離子，可使其與植物中的色素結合，而使花萼呈現藍紫色。正確選項。
- (C) 增加氫氧根離子，草木灰是植物燃燒後殘留的灰燼物質，屬鹼性，主要成分是碳酸鉀 (K_2CO_3)，可增加土壤鹼性。當土壤呈微鹼性時，土壤中的鋁離子易與 OH^- 形成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉澱，故無法與植物中的色素結合，而使花萼逐漸呈現紅色。正確選項。
- (D) 在較高鹼性的土壤中， $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ 開始生成，含鋁離子又可以與植物中的色素結合，而使花萼呈現藍紫色。正確選項。
- (E) 由於磷酸鋁的溶解度低，鋁離子量少，因此即便在酸性土壤中，亦難培育出藍紫色繡球花萼。錯誤選項。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(A)(B)(C)(D)。

例 16.

小明看到網路流行利用混合透明膠水、隱形眼鏡保養液、小蘇打來製作俗稱「史萊姆」的凝膠，想要研究看看形成史萊姆的化學原理。他先確認了膠水、隱形眼鏡保養液、小蘇打的主要成份分別為聚乙烯醇 (PVA)、硼酸 (H_3BO_3)、與碳酸氫鈉 (NaHCO_3)，便在實驗室製備了 4% 重量百分比 PVA、0.01 M 硼酸、0.01 M 小蘇打等三種水溶液，接著他將三種溶液用不同比例充分混合均勻，果然在某些比例的配方中成功製成史萊姆。為了測試史萊姆的黏滯性，小明將成功合成史萊姆的燒杯倒置，測量膠體在十秒內移動的距離，如圖 11。實驗進行中，小明也發現只要有充分混合讓反應達到平衡，配方中溶液加入的快慢或順序並不影響生成史萊姆的性質，因此可以將硼酸水溶液先與小蘇打水混合反應後，再加入 PVA 水溶液中。最後小明將實驗結果整理成下方所示的表格 (表 5)：

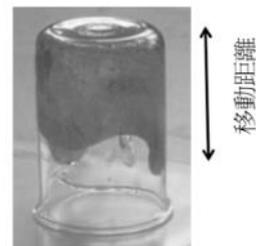


圖 11

表 5

組別	4% PVA 水溶液體積 (mL)	0.01 M 硼酸 水溶液體積 (mL)	0.01 M 小蘇打 水溶液體積 (mL)	總體積 (mL)	移動距離 (cm)
1	20	0	20	40	不生成凝膠
2	20	5	15	40	13.2
3	20	10	10	40	2.6
4	20	15	5	40	> 15.0
5	20	20	0	40	不生成凝膠
6	40	10	10	60	12.8

- 小明依據此一實驗的結果，作出以下推論，哪些選項正確？
 - 硼酸可以與膠水反應形成史萊姆凝膠
 - 小蘇打的用量並不影響生成史萊姆凝膠之性質
 - 水量的多寡會影響生成史萊姆凝膠之性質
 - 溶液體積固定下，當加入硼酸與小蘇打的莫耳數相同時，所得的凝膠黏滯性最高
 - 要形成凝膠，硼酸與小蘇打兩者缺一不可
- 小明進行實驗時，第1組0.01 M硼酸水溶液的體積為0毫升，試問其實驗目的為何？請填入下表。

組別	4% PVA 水溶液體積 (mL)	0.01 M 硼酸 水溶液體積 (mL)	0.01 M 小蘇打 水溶液體積 (mL)	實驗目的
1	20	0	20	

- 小明根據表5與以下實驗的結果，做出的推論是「要形成凝膠，PVA、硼酸與小蘇打三者缺一不可」。試完成下列所需體積。

組別	4% PVA 水溶液體積 (mL)	0.01 M 硼酸 水溶液體積 (mL)	0.01 M 小蘇打 水溶液體積 (mL)
7			20

4. 綜合以上實驗的結果，小明推論史萊姆生成的原理是：在加入小蘇打的鹼性條件下，硼的化合物與 PVA 形成氫鍵。氫鍵的形成，可以讓分子間產生作用力，讓兩個分子產生緊密之結合。小明再設計以下的實驗，分別將小蘇打水溶液改成蘇打水溶液（組別8）以及將小蘇打水溶液改成醋酸水溶液（組別9）。假設小明的推論正確，試評估是否生成凝膠？請填入下表。

組別	4% PVA 水溶液體積 (mL)	0.01 M 硼酸 水溶液體積 (mL)	0.01 M 蘇打 水溶液體積 (mL)	0.01 M 醋酸 水溶液體積 (mL)	是否 形成凝膠
8	20	5	15	0	
9	20	5	0	15	

(108 年研究用試卷)

- 參考答案：1. DE
 2. 證明/驗證/是否不加硼酸水溶液時，是否會生成凝膠形成；或作為不加入硼酸水溶液的對照組。
 3. PVA 水溶液體積 (mL) — 0；硼酸水溶液體積 (mL) — 20
 4. 組別 8：是；組別 9：否

測驗目標：2d.化學實驗設計與假說關係的驗證

4a.瞭解化學與生活情境的關係

學習表現：探究能力—問題解決 pe-V a-1

測驗內容：選修化學 物質的結構與功能 CCb-Va-4 分子形狀、結構、極性及分子間作用力。

探究與實作 規劃與研究—尋找變因或條件

說明：

本題測驗考生由實驗結果驗證假說、控制實驗變因，並推論化學原理解決問題之能力。

【第 1 小題】

1. 各選項說明如下：

- (A) 由第 5 組實驗數據得知，僅以硼酸與膠水混合不足以形成史萊姆凝膠。錯誤選項。
 (B) 由第 5 組實驗數據得知小蘇打用量為 0 毫升時不生成凝膠。且第 2、3 和 6 組實驗雖然改變了小蘇打的用量，但亦同時改變了其他變因，無法判斷小蘇打的用量是否影響生成的凝膠性質。依上述兩論點，無法得到「小蘇打的用量並不影響生成史萊姆凝膠之性質」之結論。錯誤選項。

- (C) 第 6 組數據雖然顯示 PVA 水溶液體積變為兩倍會影響凝膠之性質，但此實驗同時改變兩個變因 (PVA 量與水量)，邏輯上無法作出「水量的多寡會影響生成萊姆凝膠之性質」之結論。錯誤選項。
- (D) 實驗數據顯示，溶液體積固定為 40 毫升下，第 3 組所得的凝膠黏滯性最高，此時加入之硼酸與小蘇打的莫耳數相同。正確選項。
- (E) 由第 1 組與第 5 組數據顯示，當硼酸與小蘇打兩者缺一時，並不生成凝膠。正確選項。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(D)(E)。

【第 2 小題】

此組實驗不加硼酸水溶液，目的是作為對照組，驗證在不加硼酸水溶液的環境下，是否會有凝膠生成。此實驗控制的主要變因是硼酸水溶液之有無，其目的不在測試其他兩種物種之作用。此外，題目明確要求針對「實驗目的」作答，因此與「不加硼酸水溶液時沒有凝膠生成」類似的實驗結果敘述，並不能作為本題之正確解答。故填寫「證明/驗證/是否不加硼酸水溶液時，是否會生成凝膠形成」；或「作為不加入硼酸水溶液的對照組」為正確答案。

【第 3 小題】

根據表 5，可以推論出當硼酸與小蘇打兩者任一之量為 0 毫升時，不生成凝膠，因此要做出「要形成凝膠，PVA、硼酸與小蘇打三者缺一不可」的推論，則需要再驗證 PVA 是否為需要試劑之一，此題所做實驗應該不加入 PVA。此外，嚴格控制變因應該保持溶液總體積一致，在已知小蘇打水溶液為 20 毫升的前提下，為了保持總體積為 40 毫升，應加入硼酸水溶液體積為 20 毫升。綜合上述分析此組實驗應該用：PVA 水溶液體積 (mL) — 0；硼酸水溶液體積 (mL) — 20；小蘇打水體積 (mL) — 20。

【第 4 小題】

由題幹得知凝膠的形成必須於鹼性環境中才可生成，故可推論其將小蘇打水溶液改為同樣鹼性的蘇打水溶液時，會有凝膠生成；若將其變更為酸性的醋酸溶液時，則不會有凝膠生成。

附錄一、測驗目標與學習表現對應表

分科測驗化學考科的測驗目標係配合分科測驗的特性，並兼顧 108 自然領綱學習內容與學習表現，以彰顯化學科的知識與概念、推理思考能力、探究能力、實驗或實作技能、應用化學知識的各種面向。然而，與他人溝通的能力、態度、興趣與鑑賞等所對應學習表現係課程教學設計的重點，不易於紙筆測驗中呈現，屬於學習歷程的內涵。以下為分科測驗化學考科測驗目標與相關之「普通型高中加深加廣選修課程」學習重點中學習表現的對應表。

測驗目標	學習表現	
一、測驗考生的基本化學知識與概念		
1a.基本的化學名詞、定義及現象	科學認知	
1b.基本的化學規則、學說及定律	科學認知	
二、測驗考生的實驗技能與探究能力		
2a.化學實驗操作程序的認識	探究能力－問題解決	計劃與執行
2b.化學實驗數據的解釋	探究能力－問題解決	分析與發現
2c.化學實驗結果的推論與分析	探究能力－思考智能	批判思辨
	探究能力－問題解決	分析與發現
2d.化學實驗設計與假說關係的驗證	探究能力－思考智能	想像創造
	探究能力－問題解決	計劃與執行
三、測驗考生的推理與思考能力		
3a.理解化學資料的能力	探究能力－思考智能	推理論證
	探究能力－問題解決	討論與傳達
3b.分析化學資料的能力	探究能力－思考智能	推理論證
	探究能力－問題解決	分析與發現
3c.綜合與評價化學資料的能力	探究能力－思考智能	建立模型
	探究能力－問題解決	討論與傳達
四、測驗考生應用化學知識的能力		
4a.瞭解化學與生活情境的關係	探究能力－問題解決	觀察與定題
	科學的態度與本質	養成應用科學思考與探究的習慣
4b.瞭解化學與其他學科的關係	科學的態度與本質	認識科學本質

附錄二、自然領綱普通型高中（化學）之學習表現與學習內容

一、學習表現

學習表現是強調以學習者為中心的概念，重視認知歷程、情意與技能之學習展現，代表自然領域非具體內容的向度，應能具體展現或呼應自然領域核心素養。下述內容係摘自「十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校—自然科學領域」，其與測驗目標的對應如附錄一。

項目	子項	第五學習階段學習表現（加深加廣選修）
探究能力 — 思考智 能（t）	想像創造(i)	ti-V a-1 能獨立察覺各種自然科學問題的成因，並能依不同情況發想各種假設及可行的解決方法，進而以個人或團體方式設計不同的實驗步驟，或創造新的實驗方法。
	推理論證(r)	tr-V a-1 能運用一系列的科學證據或理論，以及類比、轉換等演繹推理方式，理解並推導自然現象的因果關係，或修正、說明自己提出的論點。
	批判思辨 (c)	tc-V a-1 能比較科學事實在不同論點、證據或事實解釋的合理性，並透過探索證據、挑戰思想、回應多元觀點的過程，進行批判論點或判斷科學證據的正確性。
	建立模型 (m)	tm-V a-1 能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並使用例如：「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象。進而能分析各種模型的特性，且了解模型可隨著對科學事物複雜關係的認知增加來修正。
探究能力 — 問題解 決（p）	觀察與定題 (o)	po-V a-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫、有條理、有效率的觀察，進而能察覺問題。
		po-V-a-2 能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，確認並提出與生活周遭或學術探索相關，而適合科學探究或適合以科學方式尋求解決的關鍵問題（或假說）。當有多個問題同時存在時，能分辨並擇定優先重要之問題（或假說）。
	計劃與執行 (e)	pe-V a-1 能辨明多個自變項或應變項並計劃適當次數的測試、嚴謹地預測活動的可能結果和可能失敗的原因。在有限的指導下，能依據指導或展現創意，依據問題特性、學習資源（設備、時間、人力等）、預期成果（包括信效度）、對社會環境的影響等因素，有效率地規劃最佳化的實作（或推理）探究活動或問題解決活動。
		pe-V a-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行精確、高效率之的質性觀察或數值量測，視需要能運用科技儀器輔助記錄。

項目	子項	第五學習階段學習表現（加深加廣選修）
	分析與發現 (a)	<p>pa-V a-1 能流暢運用思考智能、製作圖表、使用資訊及數學等方法，以有效整理資訊或數據。</p> <p>pa-V a-2 能運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從所得的資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、理解科學問題、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果；如果結果不同，能進一步探究原因。</p>
	討論與傳達 (c)	<p>pc-V a-1 能理解同學的探究過程和結果（或經簡化過的科學報告），提出合理而且較完整的疑問或意見。並能對整個探究過程中：包括，觀察定題、推理實作、數據信效度、資源運用、活動安全、探究結果等，進行反思、形成評價與改善方案，作為未來改進與提升能力的基礎。</p> <p>pc-V a-2 能利用口語、影像（例如：攝影、錄影）、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果，並選擇合適的發表方式和途徑。視需要，並能摘要描述目的、特徵、方法、發現、價值、限制、運用及展望等。</p>
科學的態度與本質 (a)	培養科學探究的興趣(i)	<p>ai-V a-1 了解科學能力是多元的，擁有熱誠是從事與科學或科技有關的工作最重要的條件。</p> <p>ai-V a-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。</p>
	養成應用科學思考與探究的習慣 (h)	<p>ah-V a-1 了解科學工作者經常遵循某些特定的標準（例如：可推廣性、簡約性等）判斷探究活動的可行性。</p> <p>ah-V a-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。</p>
	認識科學本質 (n)	<p>an-V a-1 了解從事科學工作者具有一些共同的特質，例如：邏輯思考、精確性、心智開放、客觀性、保持懷疑、研究結果的可重覆性、誠實並符合倫理地發表研究成果等。</p> <p>an-V a-2 察覺到相同的自然現象，可用多個理論解釋；當現有的證據同樣都支持著這些理論，人們傾向採用較簡約的理論。</p> <p>an-V a-3 了解科學知識發展的歷史是與社會、文化、政治、經濟緊密相關。</p>

二、學習內容

本測驗內容由普通高級中學「必修化學」與加深加廣「選修化學」教材綱要重新排列而成，分主題、次主題、學習內容、學習內容說明、參考節數等五部分。下述內容係摘自「十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校—自然科學領域」。

(一) 普通型高級中等學校必修課程

普通型高級中等學校必修化學				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
物質的組成與特性 (A)	物質組成與元素的週期性 (Aa)	CAa-Vc-1 拉瓦節提出物質最基本的組成是元素。	1-1 以科學史說明近代化學的誕生—元素概念、氧化反應與原子說發展的過程。	2.5 節
		CAa-Vc-2 道耳頓根據定比定律、倍比定律、質量守恆定律及元素概念提出原子說。	2-1 倍比定律不涉及複雜計算。	
		CAa-Vc-3 元素依原子序大小順序，有規律的排列在週期表上。	3-1 僅說明原子序 1~18 原子的價電子與元素性質規律性的關係。	
		CAa-Vc-4 同位素。	4-1 僅以碳與氫為例說明同位素。	
	物質的形態、性質及分類 (Ab)	CAb-Vc-1 物質的三相圖。	1-1 僅以水與二氧化碳的相圖說明溫度與壓力如何影響物質的三態。	3 節
		CAb-Vc-2 元素可依特性分為金屬、類金屬及非金屬。	2-1 利用週期表介紹元素分類共同性質。	
CAb-Vc-3 化合物可依組成與性質不同，分為離子化合物與分子化合物。		3-1 以氯化鈉為例，介紹離子化合物之性質；以水與二氧化碳為例，介紹分子化合物		
能量的形式、轉換及流動 (B)	能量的形式與轉換 (Ba)	CBa-Vc-1 化學反應發生後，產物的能量總和較反應物低者，為放熱反應；反之，則為吸熱反應。	1-1 以反應前後能量變化圖說明放熱反應與吸熱反應的不同。 1-2 熱化學反應式的寫法。	2 節
		CBa-Vc-2 能量轉換過程遵守能量守恆。	2-1 一般化學反應均遵守能量守恆。	

普通型高級中等學校必修化學				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
物質的分離與鑑定 (Ca)	物質的結構與功能 (Cb)	CCa-Vc-1 混合物的分離過程與純化方法：蒸餾、萃取、色層分析、硬水軟化及海水純化等。	1-1 墨水蒸餾可分離墨水中的色素與水。 1-2 以有機溶劑可以萃取花或葉中的色素。 1-3 以色層分析分離花或葉萃取液中的色素。 1-4 硬水、硬水的影響及軟化硬水的方法。 1-5 示範實驗：萃取、蒸餾及以 TLC 片進行色層分析。	3 節
		CCa-Vc-2 化合物特性的差異。	2-1 以實例說明分子化合物與離子化合物的性質差異。	
物質的結構與功能 (C)	氣體 (Ec)	CCb-Vc-1 原子之間會以不同方式形成不同的化學鍵結。	1-1 介紹鍵結種類：共價鍵、離子鍵及金屬鍵。	3 節
		CCb-Vc-2 化學鍵的特性會影響物質的結構，並決定其功能。	2-1 共價鍵與分子化合物：以路易士結構表示常見分子結構(水、氨、甲烷、乙烯及二氧化碳)。 2-2 以氯化鈉與氧化鎂為例，介紹離子鍵，不涉及晶格堆積、晶格形狀及晶格能。 2-3 以常見的碳(含同素異形物)與矽元素及其化合物介紹共價網狀固體。 2-4 以電子海模型介紹金屬鍵，不涉及晶格堆積、晶格形狀及晶格能。	
物質系統 (E)	氣體 (Ec)	CEc-Vc-1 氣體基本性質。	1-1 密閉容器內氣體的壓力，是因氣體分子運動，碰撞到器壁而產生。與其他章節合併說明。	0.5 節

普通型高級中等學校必修化學					
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數	
物質的反應、平衡及製造 (J)	物質反應規律 (Ja)	CJa-Vc-1	拉瓦節以定量分析方法，驗證質量守恆定律。	1-1 純物質與化學式。	3 節
		CJa-Vc-2	化學反應僅為原子的重新排列組合，其個數不變，依此原則即可平衡化學反應方程式。	2-1 化學反應式表示法與係數均衡（觀察法與代數法），不涉及複雜的反應式。	
		CJa-Vc-3	莫耳與簡單的化學計量。	3-1 基礎化學計量，以簡單計算為主，不涉及產率與氣體體積計算。	
	水溶液中的變化 (Jb)	CJb-Vc-1	溶液的種類與特性。	1-1 溶液依溶質大小分為真溶液、膠體溶液及懸浮液。 1-2 膠體溶液的特性（僅說明廷得耳效應）。	3 節
		CJb-Vc-2	定量說明物質在水中溶解的程度會受到水溫的影響。	2-1 說明溶解度與溫度的定量關係。 2-2 實驗：溶解度的測定（溶解度曲線和結晶）。 2-3 不涉及再結晶與實驗。 2-4 不涉及含結晶水的溶質。	
		CJb-Vc-3	體積莫耳濃度的表示法。	3-1 體積莫耳濃度的表示法，包含溶液的配製。	
	氧化與還原反應 (Jc)	CJc-Vc-1	氧化還原的廣義定義為：物質失去電子稱為氧化反應；得到電子稱為還原反應。	1-1 以日常生活實例介紹氧化還原反應的定義。 1-2 不涉及包含氧化數的計算與氧化還原反應的平衡。	3 節
		CJc-Vc-2	氧化劑與還原劑的定義及常見氧化劑與還原劑。	2-1 可還原其他物質，本身發生氧化反應的物質稱為還原劑；反之則為稱為氧化劑。 2-2 常見的氧化劑，例如：氧氣、臭氧、雙氧水、次氯酸及氯氣等。 2-3 常見的還原劑：焦煤與二氧化硫。 2-4 食品或藥物中常見的還原劑（抗氧化劑）：維生素 C。	

普通型高級中等學校必修化學				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
酸鹼反應 (Jd)	CJd-Vc-1	水可自解離產生 H^+ 與 OH^- 。	1-1 水的解離反應。25°C 時， $[H^+] \times [OH^-] = 1.00 \times 10^{-14}$ ，為一定值。	2 節
	CJd-Vc-2	根據阿瑞尼斯的酸鹼學說，物質溶於水中，可解離出 H^+ 為酸；可解離出 OH^- 為鹼。	2-1 阿瑞尼斯的酸鹼學說。	
	CJd-Vc-3	$pH = -\log[H^+]$ ，此數值可代表水溶液的酸鹼程度。	3-1 簡介 pH 值的定義，不涉及複雜計算。 3-2 實驗：酸鹼指示劑。	
	CJd-Vc-4	在水溶液中可幾乎 100% 解離的酸或鹼，稱為強酸或強鹼；反之則稱為弱酸或弱鹼。	4-1 電解質依解離程度大小，可分為強電解質與弱電解質。	
化學反應速率與平衡 (Je)	CJe-Vc-1	定溫時，飽和溶液的溶質溶解度為定值，其溶質溶解與結晶達到平衡。	1-1 溶解平衡與「定量說明物質在水中溶解的程度會受到水溫的影響」部分合併說明。	0.3 節
	CJe-Vc-2	物質的接觸面積大小對反應速率之影響。	2-1 物質的接觸面積大小對反應速率之影響與「化學在先進科技發展的應用」部分合併說明。 2-2 僅探討物質的接觸面積大小與反應速率之量化關係。	
有機化合物的性質、製備及反應 (Jf)	CJf-Vc-1	醣類、蛋白質、油脂及核酸的性質與功能。	1-1 醣類、蛋白質、油脂及核酸的組成，不涉及複雜結構。	3 節
	CJf-Vc-2	常見的界面活性劑包括肥皂與清潔劑，其組成包含親油性的一端和親水性的一端。	2-1 肥皂和清潔劑的結構與去污原理。	
	CJf-Vc-3	界面活性劑的性質與應用。	3-1 簡介界面活性劑的效應。 3-2 實驗：界面活性劑的效應。	

普通型高級中等學校必修化學				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
科學、科技、社會及人文 (M)	科學、技術及社會的互動關係 (Ma)	CMa-Vc-1 化學製造流程對日常生活、社會、經濟、環境及生態的影響。	1-1 以簡單生活實例，簡介化學化學製程的影響，可合併於科學在生活中的應用部分說明。 ●建議以課題方式融入探究與實作課程內容探究相關議題。	0.2 節
	科學發展的歷史 (Mb)	CMb-Vc-1 近代化學科學的發展，以及不同性別、背景、族群者於其中的貢獻。 CMb-Vc-2 未來科學的發展。	1-1 擇例簡介化學科學家之貢獻與研究歷程，並兼顧不同族群、性別與背景。此內容應融入相關章節，不必另成一個單元。 2-1 介紹化學與生活之相關性，帶給人類、地球之影響，及化學的未來展望。	0.5 節
	科學在生活中的應用 (Mc)	CMc-Vc-1 水的處理過程。 CMc-Vc-2 生活中常見的藥品。 CMc-Vc-3 化學在先進科技發展的應用。	1-1 介紹淨化、消毒及軟化等水的處理過程。 2-1 介紹常用胃藥、消炎劑及止痛劑。 3-1 以奈米碳管與二氧化鈦光觸媒為例，不涉及結構說明。 3-2 建議以課題方式融入探究與實作課程內容。 ●實例應簡明扼要。	1.5 節
環境汙染與防治 (Me)		CMe-Vc-1 酸雨的成因、影響及防治方法。	●可融入空氣、水溶液及土壤等日常生活相關的主題。 ●實例應簡明扼要。 ●可提及 PM2.5、酸雨及光煙霧等大氣汙染。 ●著重各種汙染防治概念的培養。 ●培養學生對環境保護的關懷。 ●建議以課題方式融入探究與實作課程內容探究相關議題。	0.5 節
		CMe-Vc-2 全球暖化的成因、影響及因應方法。		
		CMe-Vc-3 臭氧層破洞的成因、影響及防治方法。		
		CMe-Vc-4 工業廢水的影響與再利用。		

普通型高級中等學校必修化學				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
能源與永續發展 (N)	永續發展與資源的利用 (Na)	CNa-Vc-1 永續發展在於滿足當代人之需求，又不危及下一代之發展。 CNa-Vc-2 將永續發展的理念應用於生活中。 CNa-Vc-3 水資源回收與再利用。 CNa-Vc-4 水循環與碳循環。	<ul style="list-style-type: none"> ● 簡介化學與化工對環境永續發展。 ● 建議以課題方式融入探究與實作課程內容探究相關議題。 ● 不涉及核能（已納入物理）。 	0.5節
	能源的開發與利用 (Nc)	CNc-Vc-1 新興能源與替代能源在臺灣的發展現況。	<ul style="list-style-type: none"> ● 簡介風力、太陽能等新興能源在臺灣的發展的現況，實例應簡明扼要。 ● 建議以課題方式融入探究與實作課程內容探究相關議題。 	0.5節

(二) 普通型高級中等學校加深加廣選修課程

普通型高級中等學校加深加廣選修化學為 10 學分，內容規劃如下：

科目	課程名稱	學分
選修化學	物質與能量	2
	物質構造與反應速率	2
	化學反應與平衡一	2
	化學反應與平衡二	2
	有機化學與應用科技	2

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—物質與能量				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
物質的反應、平衡及製造 (J)	物質反應規律 (Ja)	CJa-Va-1 化學反應牽涉原子間的重組，並遵守質量守恆、原子不減、電荷守恆及能量守恆。	1-1 均衡化學反應式：氧化數法與半反應法。	10 節
		CJa-Va-2 化學反應與化學程序的產率。	2-1 產率計算與限量試劑。 2-2 化學計量：化學反應中質量的關係。	
能量的形式、轉換及流動 (B)	能量的形式與轉換 (Ba)	CBa-Va-1 化學能與其他形式能量之間的轉換。	1-1 介紹電池中的能量變化是由化學能轉變成電能；電解電池中的能量變化是由電能轉變成化學能。	10 節
		CBa-Va-2 影響反應熱的因素包括：溫度、壓力、反應物的量及狀態。	2-1 介紹標準反應熱的意義，並說明溫度、壓力、反應物的量及狀態會影響反應熱的值。反應物的量與狀態如何影響反應熱，可以實例說明。 2-2 實驗：測量強酸強鹼之中和熱及硝酸鉀溶於水之熱量變化。	
		CBa-Va-3 反應熱的加成性遵守赫斯定律。	3-1 利用赫斯定律，由已知的熱反應方程式求出未知反應的反應熱。	
		CBa-Va-4 常見的反應熱種類包括莫耳燃燒熱與莫耳生成熱。	4-1 說明莫耳燃燒熱與莫耳生成熱的定義。	
物質系統 (E)	氣體 (Ec)	CEc-Va-1 理想氣體粒子模型。	1-1 以粒子模型說明氣體體積由氣體粒子的運動範圍決定與氣體粒子之間的距離會隨溫度改變而改變。氣體動力論則由物理熱學章節說明。	10 節
		CEc-Va-2 氣體的壓力。	2-1 氣體壓力可由開口式壓力計與閉口式壓力計測量。	
		CEc-Va-3 理想氣體三大定律與理想氣體方程式。	3-1 理想氣體三大定律：波以耳定律、查理定律及亞佛加厥定律，不涉及複雜計算。	

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—物質與能量				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
		CEc-Va-4道耳頓分壓定律。 CEc-Va-5理想氣體與真實氣體。	3-2 以三大定律發展出理想氣體方程式 ($PV=nRT$)。 3-3 以科學史融入理想氣體方程式的發展。 4-1 莫耳分率與分壓。 4-2 混合氣體的分壓，不涉及複雜計算。 5-1 理想氣體與真實氣體之間的差異。 ●以電腦模擬幫助學生建立理想氣體粒子模型與微觀概念。可以示範實驗說明三大定律。	
物質的結構與功能 (C)	物質的分離與鑑定 (Ca)	CCa-Va-1 常見物質的鑑定方法與原理。	1-1 介紹物質的溶解度、密度、熔點及沸點等物理特性，可作為鑑定純物質種類的依據。 1-2 說明物質與其他物質發生化學反應時所展現的特性，可以作為鑑定純物質種類的依據。	12節
物質的組成與特性 (A)	物質的形態、性質及分類 (Ab)	CAb-Va-3 液晶的形態與性質	3-1 介紹液晶的特性及其應用，僅說明三相以外的形態，不涉及複雜結構及原理。	
物質的反應、平衡	水溶液中的變化 (Jb)	CJb-Va-1 莫耳分率的表示法。 CJb-Va-2 溫度與壓力對氣體溶解度的影響。	1-1 莫耳分率可依章節安排，與「道耳頓分壓定律」或「拉午耳定律」合併說明。 2-1 以常見氣體為例，說明溫度對氣體溶解度的影響。 2-2 說明亨利定律與其適用範圍。	

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—物質與能量				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
衡及製造 (J)		<p>CJb-Va-3 離子之沉澱、分離及確認。</p> <p>CJb-Va-4 拉午耳定律與理想溶液。</p> <p>CJb-Va-5 依數性質：非揮發性物質溶於水，使得蒸氣壓下降、沸點上升、凝固點下降及滲透壓增加。</p>	<p>3-1 離子之沉澱、分離及確認，可與「溶解度平衡與溶度積的關係」章節合併說明。</p> <p>3-2 以常見化合物的溶解情形歸納說明離子化合物的沉澱趨勢。</p> <p>3-3 說明如何利用不同鹽類的溶解度差異，將數種鹽類以逐次沉澱的方式，加以分離及確認。</p> <p>4-1 說明水的相變化、蒸氣壓及相對濕度。</p> <p>4-2 以粒子模型說明拉午耳定律。</p> <p>4-3 示範實驗：理想溶液與非理想溶液體積的差異。</p> <p>5-1 電解質與非電解質之非揮發性物質溶於水後，沸點和熔點的變化，不涉及計算，僅說明定量溶劑中，沸點上升量、熔點下降量的大小及粒子數成正比關係。</p> <p>5-2 實驗：凝固點下降的現象。不涉及分子量的測定計算。</p> <p>5-3 滲透壓的計算以強電解質作為實例，不以部分解離之物質作為教學內容。並以日常生活實例說明滲透與逆滲透的現象。</p>	

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—物質構造與反應速率				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
物質的組成與特性 (A)	物質組成與元素的週期性 (Aa)	CAa-Va-1 原子的結構是原子核在中間，電子會存在於不同能階。 CAa-Va-2 波耳氫原子模型解釋氫原子光譜與芮得柏方程式。 CAa-Va-3 多電子原子的電子與其軌域，可以四種量子數加以說明。 CAa-Va-4 原子的電子組態的填入規則，包括包立不相容原理、洪德定則及遞建原理。 CAa-Va-5 元素的電子組態和性質息息相關，且可在週期表呈現出其週期性變化。	1-1 僅以軌道模型說明主殼層能階、副殼層及軌域。 1-2 能階概念指原子中電子能量不連續。 2-1 以科學史融入原子模型的特性與演變。 2-2 不涉及複雜計算。 3-1 以具體模型或模擬動畫幫助學生理解抽象的量子數與軌域之間的關係。不涉及量子力學。 4-1 建立科學模型與電子組態填入規則之系統性思考方式。 5-1 統整共同階段所學習的元素的規律性與元素的週期性，連結元素的電子組態並以圖像建立介紹元素在週期表的週期性變化（原子半徑、離子半徑、游離能及電負度）。	10節
	物質的形態、性質及分類 (Ab)	CAb-Va-4 週期表中的分類。	4-1 由元素在週期表中之位置，加以分類。	
物質的組成與特性 (A)	物質的形態、性質及分類 (Ab)	CAb-Va-1 化學鍵的特性會影響物質的性質。	1-1 舉例說明離子晶體、金屬晶體及分子化合物其化學鍵分別為離子鍵、金屬鍵及共價鍵，因為鍵結方式不同，這三類物質的性質也不同，不涉及晶體的堆積方式與密度計算。 1-2 介紹共價網狀固體與其性質。	10節

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—物質構造與反應速率				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
物質的結構與功能 (C)	物質的結構與功能 (Cb)	CCb-Va-2 混成軌域與價鍵理論：原子結合的方式與原理。	2-1 混成軌域與價鍵理論以常見的 C、N、O 的化合物為主。 2-2 σ 鍵與 π 鍵。 2-3 單鍵與多鍵。 2-4 共振結構。	
		CCb-Va-3 價殼層電子對互斥原理與分子形狀。	3-1 以價殼層電子對互斥原理 (VSEPR) 原理說明分子形狀，不涉及 d 軌域的混成與複雜的分子結構。	
		CCb-Va-4 分子形狀、結構、極性及分子間作用力。	4-1 鍵極性、鍵偶極與極性分子，不涉及鍵偶極矩的計算。 4-2 分子形狀與分子極性。 4-3 分子間作用力 (氫鍵與凡得瓦力)。	
物質的反應、平衡及製造 (J)	化學反應速率與平衡 (Je)	CJe-Va-1 反應速率定律式。	1-1 以實例說明反應速率常數與反應速率定律式的意義。 1-2 以零級、一級為主，不涉及複雜計算。 1-3 半生期的意義與應用。 1-4 實驗：秒錶反應。	10 節
		CJe-Va-2 反應能量圖。	2-1 以「反應能量圖」說明活化能、活化複合體及反應熱的概念。 2-2 「反應機構」和「速率決定步驟」不涉及多步驟的複雜反應。	
		CJe-Va-3 碰撞學說解釋影響反應速率的因素。	3-1 以碰撞理論說明濃度、壓力及接觸面積、溫度對反應速率的影響，不涉及阿瑞尼士方程式的計算。	
		CJe-Va-4 催化劑與酵素的性質及其應用。	4-1 以常見實例說明催化劑與酵素的性質與應用。	

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—化學反應與平衡一				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
物質的反應、平衡及製造 (J)	化學反應速率與平衡 (Je)	<p>CJe-Va-5 定溫時，水的游離速率會等於結合速率，稱為游離平衡。</p> <p>CJe-Va-6 勒沙特列原理。</p> <p>CJe-Va-7 平衡常數的定義與計算。</p> <p>CJe-Va-8 溶解度平衡與溶度積的關係。</p>	<p>5-1 水的游離平衡與「水的自解離」部分合併說明。</p> <p>6-1 說明勒沙特列原理與其在工業上的應用。</p> <p>6-2 實驗：平衡的移動（勒沙特列原理）。</p> <p>7-1 說明可逆反應與動態平衡的概念。</p> <p>7-2 平衡定律式、平衡常數及反應商的意義與應用，不涉及自由能 (ΔG) 與複雜平衡常數的計算。</p> <p>7-3 實驗：平衡常數。</p> <p>8-1 溶度積的概念與其應用，不涉及複雜系統的計算。</p> <p>8-2 同離子效應的概念與其應用，不涉及複雜系統的計算。</p>	15節
	水溶液中的變化 (Jb)	CJb-Va-3 離子之沉澱、分離及確認。	3-1 離子之沉澱、分離及確認可與「溶解度平衡與溶度積的關係」章節合併說明。	
物質的反應、平衡及製造 (J)	酸鹼反應 (Jd)	CJd-Va-1 酸與鹼的命名。	1-1 酸與鹼的命名原則。	15節
		CJd-Va-2 布-洛酸鹼學說。	2-1 布-洛酸鹼學說，並說明共軛酸鹼對的概念。由反應的趨勢，比較方程式兩側酸（鹼）的強弱。	
		CJd-Va-3 定溫下， $[H^+]$ 和 $[OH^-]$ 的乘積為一定值，稱為離子積常數。	3-1 $[H^+] \times [OH^-] = K_w$ ，稱為離子積常數，水的解離度與 K_w 會隨著溫度而改變。	
		CJd-Va-4 弱酸或弱鹼的游離常數：酸鹼的 K_a 、 K_b 。	4-1 弱酸（鹼）的解離反應式之平衡常數，及其與酸（鹼）的強弱之關係，不涉及多質子酸與混合酸的複雜計算。	
		CJd-Va-5 酸鹼指示劑的原理與應用。	5-1 酸鹼指示劑之選擇與應用。	
		CJd-Va-6 酸鹼滴定原理與定量分析。	6-1 酸鹼滴定之原理、計算及滴定曲線之意義。 6-2 實驗：酸鹼滴定。	

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—化學反應與平衡一				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
		CJd-Va-7 鹽的種類與性質。 CJd-Va-8 同離子效應與緩衝溶液的定義、製備及功用。	7-1 鹽可分為正鹽、酸式鹽及鹼式鹽，及其命名。 7-2 鹽類水溶液的酸鹼性，不涉及水解的計算。 8-1 同離子效應與其影響，不涉及複雜計算。 8-2 緩衝溶液之配製法與用途。 8-3 緩衝溶液是利用同離子效應使 pH 保持穩定。	

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—化學反應與平衡二				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
物質的反應、平衡及製造 (J)	氧化與還原反應 (Jc)	CJc-Va-1 常見氧化劑與還原劑的半反應式。	1-1 以半反應式說明氧化還原反應。	15 節
		CJc-Va-2 氧化數的規則與應用。	2-1 說明氧化數的定義與判斷規則。	
		CJc-Va-3 氧化還原反應與均衡。	3-1 以氧化數的變化，介紹常見的氧化還原反應式。 3-2 由自發反應的方向，判斷氧化劑與還原劑的強弱。	
		CJc-Va-4 氧化還原滴定原理與定量分析。	4-1 說明氧化還原滴定的原理，藉此分析未知物的濃度或含量。 4-2 實驗：氧化還原反應。 4-3 實驗：氧化還原滴定。	
		CJc-Va-5 電化電池的原理。	5-1 以伏打電池和鋅銅電池為例，說明電化電池的原理與表示方法。	
		CJc-Va-6 標準還原電位與電化電池的電動勢。	6-1 電池半反應式與標準還原電位。 6-2 由標準還原電位計算電池電壓，不涉及以涅斯特方程式計算電池電壓。	
		CJc-Va-7 常見電池的原理與設計。	7-1 以反應式說明乾電池、鉛蓄電池及燃料電池，不涉及定量計算。	
		CJc-Va-8 電解與電鍍的原理。	8-1 法拉第電解定律與其應用。 8-2 實驗：電解電鍍與無電電鍍。	

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—化學反應與平衡二				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
科學、科技、社會及人文 (M)	科學在生活中的應用 (Mc)	CMc-Va-1 氫氣的性質、製取及用途。	1-1 僅介紹氫氣的性質、製取及用途。	12 節
		CMc-Va-2 常見金屬及重要的化合物之製備、性質及用途。	2-1 以生活中的重要實例介紹主族金屬元素（鈉、鎂、鋁）與電解法製備鋁。 2-2 以生活中的重要實例介紹過渡元素（鐵）。 2-3 以葉綠素和血紅素介紹配位化合物，不涉及混成軌域與結構。 2-4 示範實驗：鐵離子與草酸根形成的錯合物。	
		CMc-Va-3 常見合金之性質與用途。	3-1 介紹 K 金、鋁合金、鋼等合金的性質與用途。	
		CMc-Va-4 常見非金屬與重要的化合物之製備、性質及用途。	4-1 以生活中常見的範例介紹非金屬元素（碳、氮、氧、矽）重要化合物與用途。	
		CMc-Va-5 生活中常見之合成纖維、合成塑膠及合成橡膠之性質與應用。	5-1 概念與實例應簡明扼要。	
		CMc-Va-6 先進材料。	6-1 介紹半導體、液晶、導電聚乙炔等。	
		CMc-Va-7 奈米尺度。	6~7 著重在介紹化學的前沿發展與先進科技的關係。	

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—有機化學與應用科技				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
物質的結構與功能 (C)	物質的結構與功能 (Cb)	CCb-Va-1 同分異構物的結構與功能。	1-1 結構異構物。	24 節
			1-2 僅介紹烯烴與環烷的順反異構物。	

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—有機化學與應用科技				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
物質的組成與特性 (A)	物質的形態、性質及分類 (Ab)	CAb-Va-2 不同的官能基會影響有機化合物的性質。	2-1 介紹各種烴、醇、醚、醛、酮、酸、酯、胺與醯胺的官能基，與其特性，不涉及化學反應。 2-2 實驗：以電腦模擬或實體模型觀察有機分子的結構。 2-3 示範實驗：有機化合物的一般性質（揮發性、溶解度等）。	
物質的反應、平衡及製造 (J)	有機化合物的性質、製備及反應 (Jf)	CJf-Va-1 有機化合物組成。 CJf-Va-2 有機化合物的命名、結構及官能基的檢驗與其用途—烴、鹵化烴、醇、酚、醚、酮、醛、有機酸、酯、胺及醯胺。 CJf-Va-3 常見有機化合物的重要反應。	1-1 元素分析與有機化合物的組成。 2-1 有機化合物的中文系統命名法，但主鏈不超過六個碳，環烷取代基以甲基為限且不超過兩個。 2-2 簡介各官能基的結構、特性及用途。 2-3 示範實驗：常見官能基的檢驗。 2-4 實驗：醇、醛及酮的性質。 3-1 烯：簡單的製備方法、加成反應（例如：氫化、鹵化、HX 及 H ₂ O）及聚合反應（僅以乙烯、氯乙烯及苯乙烯為例）。 3-2 炔：電石製備乙炔和加成反應（僅介紹氫化與鹵化）。 3-3 苯：僅用示範實驗介紹芳香族與烯類（C=C）的差異。 3-4 醇：簡單的製備方式，例如：發酵與工業製備（水煤氣）及醇的氧化反應。 3-5 醛：僅說明銀鏡反應。 3-6 酸：酯化反應，阿斯匹靈的製程與用途。 3-7 實驗：製備阿斯匹靈。 3-8 酯：水解反應。 3-9 胺：與酸反應。 3-10 醯胺：簡單的製備與水解。	

普通型高級中等學校加深加廣選修課程—有機化學與應用科技				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
		CJf-Va-4 常見聚合物的一般性質與分類。 CJf-Va-5 常見聚合物的結構與製備。	4-1 聚合物單體（同元與共聚物）。 4-2 聚合反應的種類（加成與縮合）。 4-3 常見聚合物的性質。 5-1 耐綸、達克綸的結構與製成。 5-2 天然橡膠、澱粉、纖維素、蛋白質及核酸的結構。 5-3 配合諾貝爾化學獎說明聚乙炔的結構、性質及用途。 5-4 可融入「科學在生活中的應用」的章節中說明。	
科學、科技、社會及人文 (M)	科學、技術及社會的互動關係 (Ma)	CMa-Va-1 從化學的主要發展方向和產業成果，建立綠色化學與永續發展的概念，並積極參與科學知識的傳播，促進化學知識進入個人和社會生活。 CMa-Va-2 化學化工技術與社會、法律及倫理相關議題。	<ul style="list-style-type: none"> ●建議以課題方式融入相關議題。 ●可融入科學在生活中的應用，不必另成一單元。 	5節
	科學發展的歷史 (Mb)	CMb-Va-1 化學發展史上的重要事件、相關理論發展及科學家的研究事蹟。化學微觀概念的形成與發展。 CMb-Va-3 科學模型的特性與演變。	科學發展的內容可融入相關的章節，不必另成一單元。	
	環境汙染與防治 (Mc)	CMe-Va-1 水汙染之檢測方法。 CMe-Va-2 大氣汙染物之檢測方法。	1-1 實驗：水汙染的檢測（濁度、酸鹼度、導電度及溶氧度等）。 <ul style="list-style-type: none"> ●可融入空氣、水溶液及土壤等日常生活相關的主題。 ●實例應簡明扼要。 	
資源與永續發展 (N)	永續發展與資源的利用 (Na)	CNa-Va-1 永續發展理念之應用。資源 CNa-Va-2 保育的有效方法。 CNa-Va-3 廢棄物的創新利用與再製作。 CNa-Va-4 氮循環。	<ul style="list-style-type: none"> ●可融入科學在生活中的應用，不必另成一單元。 ●建議以課題方式融入相關議題。 	
	能源的開發與利用 (Nc)	CNc-Va-1 新興能源與替代能源在臺灣發展之可能性與限制。	<ul style="list-style-type: none"> ●建議以課題方式融入相關議題。 	