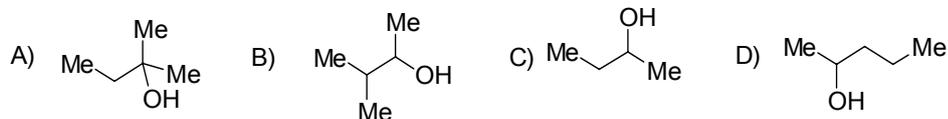


拾壹、競賽試題及參考答案

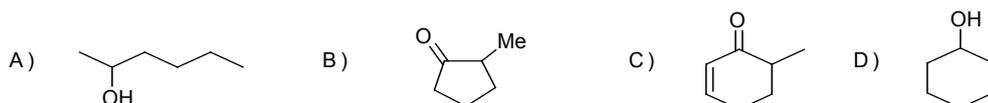
I、筆試（一）試題

一、單選題（30%，每題3分）

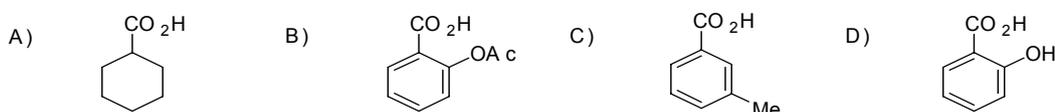
1. () 請問以下何結構為 3-甲基-2-丁醇?



2. () 已知一有機分子含 C, H, O 三元素，其中 C 佔 73.5% 重量百分比，H 佔 10.2% 重量百分比，請問此有機分子可能之結構為何?



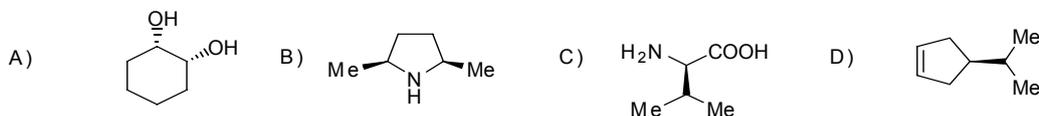
3. () 阿司匹靈之前趨物為水楊酸，請問其結構為何?



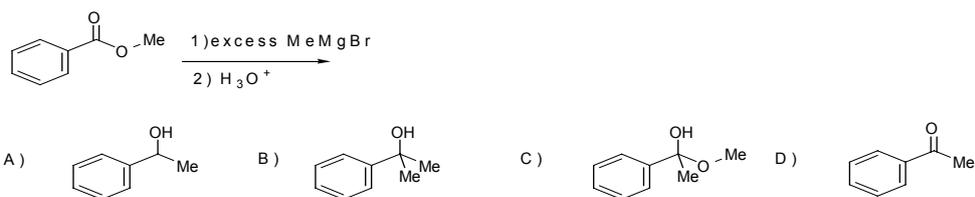
4. () 請問以下何化合物為二級胺?



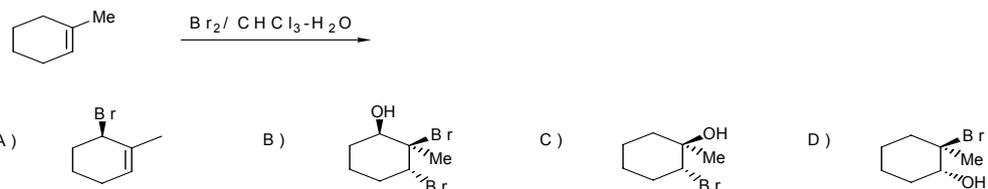
5. () 請問以下化合物何者為掌性化合物?



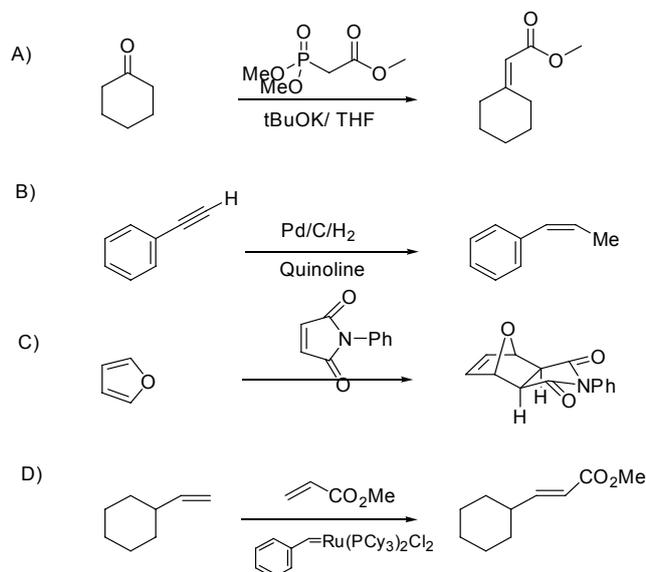
6. () 請選出以下反應之產物?



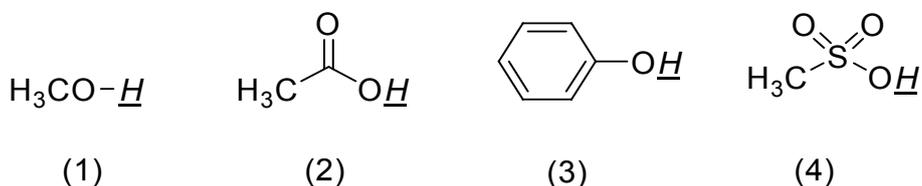
7. () 請選出以下反應之主要產物?



8. () 請問以下何反應得到 2005 年諾貝爾化學獎?



9. () 就下列化合物結構裡畫線斜體標示的氫，依照酸到鹼排序，哪個選項是正確的？

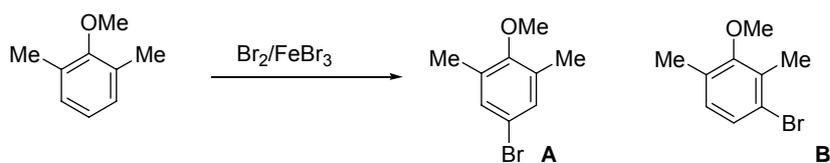


(A) 1<2<3<4 (B) 4<3<1<2 (C) 4<2<3<1 (D) 2<1<4<3

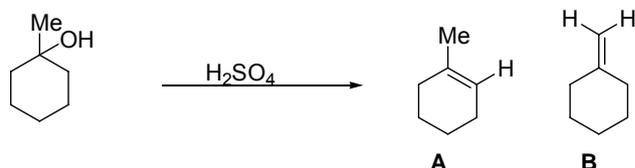
10. () 以下何者正確? (A) 蠶絲的主要成分是碳水化合物； (B) 澱粉與纖維素是一種天然的多醣； (C) 蛋白質是一種天然聚合物，一般大小比 DNA 鍊大； (D) 通稱為壓克力的高分子是聚氰胺樹脂。

二、計算與問答題(共 70 分)

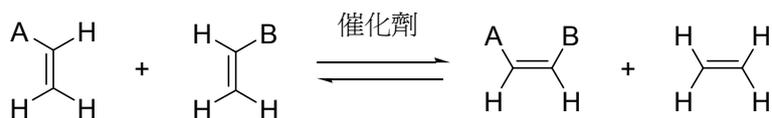
- 請敘述兩種由硝基苯合成苯胺之化學反應。(10%)
- 試說明為何以下反應得到主要之 A 產物而未觀察到 B 的生成。(10%)



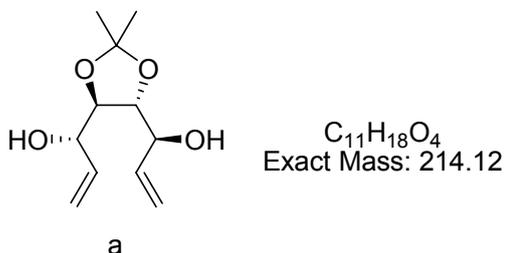
- 請解釋以下脫水反應為何得到 A 為主要產物而 B 則為少量產物。(10%)



- 2005 年諾貝爾化學獎得獎為法、美兩國的三位化學家，得獎的原因在表彰他們發展歧化 (metathesis) 反應 (如下圖) 在有機合成上的運用所造成的卓越貢獻。得獎者的成就已經在化學工業上成爲一項重要的方法，並在合成化合物上開啓了新的機會而將使工業上製造藥物、塑膠以及其它材料的生產更爲方便，這些物質的價格會因此降低而且減少對環境的衝擊。



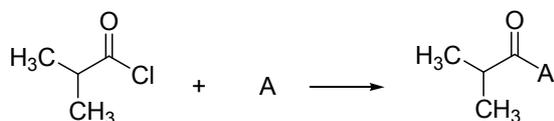
今科學家欲以反應物 a (如下圖) 進行崎化反應, (*Org. Lett.*, Vol. 4, No. 8, 2002, 1359)



取 150mg 反應物 a ($\text{C}_{11}\text{H}_{18}\text{O}_4$, 分子量 = 214.1) 置於反應瓶中, 在二氯甲烷為溶劑的條件下, 加入微量催化劑, 加熱迴流約 20 分鐘, 可得到透明油狀的崎化反應產物, 經測定其分子量為 186.1, 問:

- (A) 請推測此崎化反應的產物結構式為何? (6%)
- (B) 在理想情況下, 應得到產物多少重量? (3%)
- (C) 若今日僅得到產物 116mg, 則產率應為多少? (4%)
- (D) 承 (C), 在反應過程中可能產生何種氣體? (3%)
- (E) 承 (C), 在此產率下, 收集此氣體後, 在鉑絲催化下通入足量氫氣進行氫化反應, 則可得到何種氣體? (4%)

5. 某科學家欲嘗試進行下列反應:



試問試劑 A 中, 以哪一種胺的反應速率最快? (5%) 哪一種胺的反應速率最慢? (5%) 為什麼? (10%)

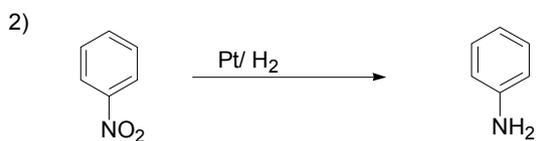
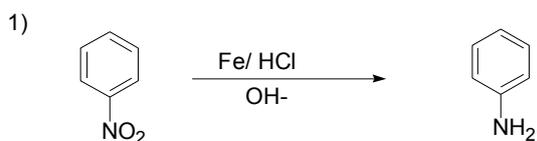
◆筆試（一）參考答案

一、 單選題（30%，每題3分）

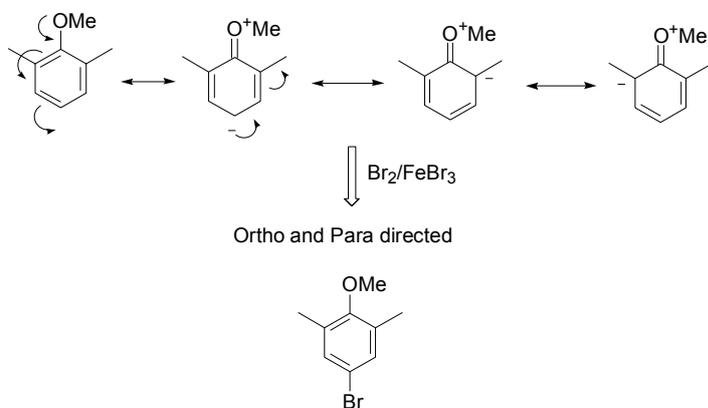
題號	1	2	3	4	5
答案	B	B	D	C	C
題號	6	7	8	9	10
答案	B	C	D	C	B

二、計算與問答題(共 70 分)

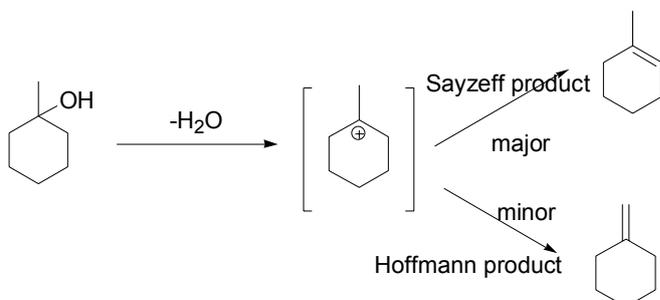
1.



2. 氧上電子可共振至鄰位或對位而不會共振至間位因此對位產物為主要產物



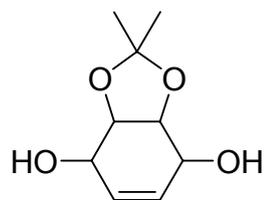
3.



Sayzeff 產物為雙鍵較多取代之熱力穩定產物因此為主要產物

4.

(a)



$C_9H_{14}O_4$
Exact Mass: 186.09
Mol. Wt.: 186.21

(b) 130.37mg

(c) 89%

(d) C_2H_4

(e) C_2H_6

5.

(a) NH_2CH_3

(b) NF_3

(c) 推拉電子基效應影響親電子基攻擊能力

II、筆試(二) 試題

一、單選題(30%，每題3分)

- () 在以硝酸銀標準水溶液滴定氯化鈉水溶液時會有氯化銀之膠體沉澱產生，在到達當量點之前，氯化銀沉澱物表面所吸附的主要離子為：(A) Na^+ ；(B) Cl^- ；(C) Ag^+ ；(D) H_3O^+ 。
- () 檸檬酸的酸解離常數為 8.4×10^{-4} ，試問以檸檬酸可配出最有效之緩衝溶液 p 值為：(A) 2；(B) 3；(C) 4；(D) 5。
- () 指示劑 2,4-二硝基酚(2,4-dinitrophenol)、溴瑞香草藍(bromthymol blue)、甲酚紅(cresol red)、茜素黃 R (alizarin yellow R) 的 pK_a 值分別為 3.5、7.0、8.0、及 11.0。在以強酸低定弱鹼溶液時，哪一指示劑最適合？(A) 2,4-二硝基酚(2,4-dinitrophenol)；(B) 溴瑞香草藍(bromthymol blue)；(C) 甲酚紅(cresol red)；(D) 茜素黃 R (alizarin yellow R)。
- () 電解 HCl 水溶液時下列哪一反應為在陽極之半反應？(A) $\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Cl}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ ；(B) $2\text{Cl}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^-$ ；(C) $2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ；(D) $\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- () $\text{BaSO}_4(\text{s})$ 在水中的溶解度很小 ($K_{\text{sp}} = 1.1 \times 10^{-10}$)。下列何種條件可增加 $\text{BaSO}_4(\text{s})$ 的溶解度？(A) 溶液中加入 AgI ；(B) 溶液中加入 KNO_3 ；(C) 溶液中加入 H_2SO_4 ；(D) 溶液中加入葡萄糖。
- () 下列溶液中何者的醋酸 (CH_3COOH ， $\text{pK}_a = 4.76$) 解離程度最大？(A) $1.0 \times 10^{-4} \text{ M CH}_3\text{COOH}$ ；(B) $5.0 \times 10^{-4} \text{ M CH}_3\text{COOH}$ ；(C) $1.0 \times 10^{-3} \text{ M CH}_3\text{COOH}$ ；(D) 以上三者解離程度一樣大。
- () 下列有關 HF、HCl、HBr、HI 的敘述，何者正確？(A) 水溶液的酸性以 HCl 最強；(B) 沸點以 HF 最高；(C) 極性以 HBr 最小；(D) 鍵能以 HI 最大。
- () 已知 $\text{IO}_3^- \rightarrow \text{HOI}$ 的 $E^\circ = 1.154$ 伏特， $\text{HOI} \rightarrow \text{I}_2(\text{s})$ 的 $E^\circ = 1.430$ 伏特，則 $\text{IO}_3^- \rightarrow \text{I}_2(\text{s})$ 的 $E^\circ = ?$ (A) 2.584 伏特；(B) 2.167 伏特；(C) 1.318 伏特；(D) 1.210 伏特。
- () 下列哪一實驗可證明與溴酸(HBr)比較醋酸(CH_3COOH)屬較弱的酸。(A) 鋅與 0.1 M HBr 反應快於與 $0.1 \text{ M CH}_3\text{COOH}$ 反應；(B) CH_3COOH 比 HBr 容易提供質子給鹼性溶劑；(C) 無機酸強於有機酸；(D) 中和 1 莫爾醋酸所需的 NaOH 量小於中和 1 莫爾溴酸所需的 NaOH 量。
- () 下列何者不屬於自身氧化還原反應？(A) $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$ ；(B) $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ；(C) $\text{IO}_3^- + 8\text{I}^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{I}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$ ；(D) $3\text{Cl}_2 + 6\text{OH}^- \rightarrow \text{ClO}_3^- + 5\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

二、計算與問答題(共 70 分)

- 以 0.010 M 的 IO_3^- 溶液滴定 100.0 毫升 0.010 M 的 Ti^+ 溶液，兩者均配製於 1.00 M HCl 中。反應時 IO_3^- 會形成 ICl_2^- ，而 Ti^+ 會形成 Ti^{3+} 。(16%)
 - 請寫出完整的平衡滴定反應式。
 - 滴定達當量點時，溶液的電位（相對於標準氫電極）應為幾伏特？（ $\text{IO}_3^- \rightarrow \text{ICl}_2^-$ ，標準還原電位 $E^\circ = 1.24$ 伏特； $\text{Ti}^{3+} \rightarrow \text{Ti}^+$ ， $E^\circ = 0.77$ 伏特）
- 一溶液含 $0.025 \text{ M KH}_2\text{PO}_4$ ，請寫出此溶液的 (16%)
 - 電荷平衡方程式；
 - 質量（或物質）平衡方程式。
- 試解釋在以強鹼水溶液滴定弱酸時，當滴定至一半附近時，溶液中的 pH 值變化很小？

(10%)

4. 試解釋在酸鹼滴定時，指示劑變色之化學反應。(12%)
5. 擬利用草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, $\text{p}K_1 = 1.25$, $\text{p}K_2 = 4.27$, 分子量 90.04) 配製 pH 4.40 的緩衝溶液。請問需取多少毫升 0.800 M KOH 與 3.38 克草酸混合後稀釋至 500 毫升可達此目的？(16%)

◆筆試（二）參考答案

一、單選題（30%，每題3分）

題號	1	2	3	4	5
答案	B	B	A	B	B
題號	6	7	8	9	10
答案	A	B	D	A	A

二、計算與問答題(共 70 分)

1. (a) $\text{IO}_3^- + 2\text{I}^- + 2\text{Cl}^- + 6\text{H}^+ \rightarrow \text{ICl}_2^- + 2\text{I}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
 (b) 陰極： $\text{IO}_3^- + 2\text{Cl}^- + 6\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{ICl}_2^- + 3\text{H}_2\text{O}$ $E^0 = 1.24 \text{ V}$
 陽極： $\text{I}^{3+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{I}^+$ $E^0 = 0.77 \text{ V}$

$$E_{\text{Cell}} = 1.24 - \frac{0.059}{4} \log \frac{[\text{ICl}_2^-]}{[\text{IO}_3^-][\text{Cl}^-]^2[\text{H}^+]^6} \quad (1)$$

$$E_{\text{Cell}} = 0.77 - \frac{0.059}{2} \log \frac{[\text{I}^+]}{[\text{I}^{3+}]} \quad (2)$$

$$(1) \times 4 + (2) \times 2 = 6E_{\text{Cell}} = 6.50 - 0.059 \log \frac{[\text{ICl}_2^-][\text{I}^+]}{[\text{IO}_3^-][\text{I}^{3+}][\text{Cl}^-]^2[\text{H}^+]^6}$$

 當量點時， $[\text{I}^{3+}] = 2[\text{ICl}_2^-]$ ， $[\text{I}^+] = 2[\text{IO}_3^-]$ ， $[\text{Cl}^-] = [\text{H}^+] = 1.0 \text{ M}$
 $\therefore 6E_{\text{Cell}} = 6.50 \text{ V} \rightarrow$ 當量點 $E_{\text{Cell}} = 1.08$ 伏特（相對於標準氫電極）

2. (a) $[\text{H}^+] + [\text{K}^+] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + 2[\text{HPO}_4^{2-}] + 3[\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-]$
 (b) (1) $[\text{K}^+] = 0.025 \text{ M}$
 (2) $[\text{H}_3\text{PO}_4] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{PO}_4^{3-}] = 0.025 \text{ M}$

3. 生成弱酸及其共軛鹼之緩衝溶液系統，在滴定一半時，有最大的緩衝包容力(buffer capacity)

4. 指示劑為弱酸其變色之化學反應 $\text{HIn} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{In}^-$

HIn 為指示劑之酸的狀態，In⁻ 為指示劑之鹼的狀態

兩者所呈之顏色不同，因指示劑為弱酸，所以鹼滴定液會先與酸反應，當反應達終點時，鹼滴定液開始與指示劑作用，顏色隨即改變。

5. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{OH}^- \rightarrow \text{HC}_2\text{O}_4^- + \text{H}_2\text{O}$ $\text{p}K_1 = 1.25$
 $\text{HC}_2\text{O}_4^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{p}K_2 = 4.27$
 當溶液中所有 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 均轉變為 HC_2O_4^- 時，需消耗 $3.38/90.04 = 0.0375 \text{ mol KOH}$ ，溶液 pH 為 $\frac{1}{2}(\text{p}K_1 + \text{p}K_2) = 2.76$ 。pH 2.76 小於欲配製的 pH 4.40，因此部分 HC_2O_4^- 需進一步解離至 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 。

由關係式
$$\text{pH} = \text{p}K_2 + \log \frac{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]}{[\text{HC}_2\text{O}_4^-]} \rightarrow 4.40 = 4.27 + \log \frac{x}{(3.38/90.04) - x}$$

$x = \text{mol of } \text{C}_2\text{O}_4^{2-} = \text{mol of } \text{OH}^- = 0.0216 \text{ mol}$

總共消耗的 KOH mol 數 = $0.0375 + 0.0216 = 0.0591 \text{ mol}$

所需 KOH 體積 = $0.0591/0.80 = 0.0739 \text{ L} = 73.9 \text{ ml}$

III、筆試(三) 試題

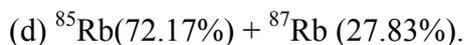
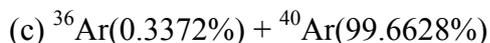
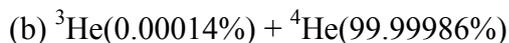
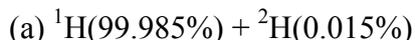
一、單選題(30%，每題3分)

- () 丁烷異構化反應($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 = \text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$)的平衡常數, K_c , 在 25°C 時是 7.94, 如果在 12.5L 的反應瓶內有 5.0 g 的正丁烷, 則在平衡時, 瓶內會有幾克的異丁烷? (A) 1.1g; (B) 2.2 g; (C) 3.3g; (D) 4.4 g。
- () 下列那個過程亂度 (Entropy) 會減少? (A) 混合 N_2 和 O_2 ; (B) 酒精蒸發; (C) 氯化銀從溶液中沈澱出來 (D) 一塊蠟熔解。
- () 苯和甲苯在 25°C 的蒸氣壓分別是 95.1 和 28.4 torr。一種苯莫耳分率為 0.50 的苯和甲苯的混合液, 其液面上飽和蒸氣壓內苯之莫耳分率為多少? (A) 0.50; (B) 0.62; (C) 0.77; (D) 0.92。
- () 在 960°C 反應 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{CS}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ 的平衡常數 $K_c = 0.036$, 當我們於體積為 250 mL 的容器中混合 1.0 mole of CH_4 , 1.0 mole of CS_2 , 2.0 mole of H_2S , and 2.0 mole of H_2 。在這個溫度和反應物的組成, 反應會向那個方向進行? (A) 向產物方向; (B) 向反應物方向; (C) 反應已經達成平衡, 可向雙方向進行; (D) 沒有反應。
- () 在 1.0 atm 和 25°C , 下列那個過程的 ΔG (自由能) > 0 ? (A) 碳酸鈣分解釋放二氧化碳; (B) 食鹽溶解於水; (C) 乾冰昇華; (D) 冰塊融化成水。
- () 在一固定體積的容器內, 研究氣相反應 $\text{CH}_3\text{NC} \rightarrow \text{CH}_3\text{CN}$, 發現其反應速率式為 $-\Delta[\text{CH}_3\text{NC}]/\Delta t = k[\text{CH}_3\text{NC}]$ 。下列那一項改變, 不會引起反應速率的改變? (A) 加入催化劑; (B) 降低反應溫度; (C) 把 CH_3NC 的莫耳數加倍; (D) 把生成的 CH_3CN 從產物中移走。
- () 正丁烷的沸點比異丁烷高是因為正正烷有: (A) 比較高的分子量; (B) 比較大的分子接觸面積; (C) 比較大的分子偶極矩; (D) 較強的共價鍵。
- () 下列那一個關於分子的表面張力大小的排列次序是正確的? a、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ b、 $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$ c、 $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$ 。(A) $a > b > c$; (B) $b > c > a$; (C) $c > b > a$; (D) $b > a > c$ 。
- () 科學家認為破壞大氣臭氧層的第一步是光解離含氟氯碳氫化合物 (chlorofluorocarbon) 的 C-Cl 鍵。已知 C-Cl 鍵能是 339 kJ mol^{-1} , 那麼能夠解離 C-Cl 鍵的光子可能具有最長的波長是多少? (A) 253nm; (B) 353nm; (C) 453nm; (D) 553 nm。
- () 在很高的壓力 (~1000 atm) 時, 真實氣體所表現出來的壓力比理想氣體方程式 ($PV = nRT$) 所預測之值高很多是因為 (A) 真實氣體在 1000 atm 都已凝結成液體了; (B) 氣體無法忽略容器器壁之碰撞; (C) 由於分子間的引力變大; (D) 相對於容器體積分子的體積無法忽略。

二、計算和簡答(70%)

- 分子間的作用力統稱為凡得瓦力, 可分為偶極-偶極力, 偶極-誘導偶極力以及分散力等三種。(8%)
 - 其中何者可用以說明氮氣凝結成液體氮(4%)?
 - 何者可用以說明水的高氣化熱(4%)?

2、蘇格蘭化學家格銳目(T. Graham)於 1831 年發現氣體擴散定律。在同溫同壓下兩氣體的擴散速率比值與其分子量(或原子量)的平方根比值成反比。請問下列各氣體混合物中(括弧內數值代表百分比)，那些混合物可引用氣體擴散方法將百分比比較低者加以提升？並請計算其一次擴散後的百分比！(12%)



3、一位化學家正在研究一種新型有機化合物是否是適合拿來做汽車水箱的抗凍劑(antifreeze)。當 0.243g 的有機化合物溶在 25.0 mL 的水內，此種溶液的凝固點為 -0.201°C 。(15%)水的 K_f 值為 1.86

(a) 此有機化合物的分子量是多少?(假定水的密度是 1.00g/ml); (5%)

(b) 元素分析告訴我們此化合物含 53.31 % C，11.18 % H，剩下的是 O。試問此化合物分子式為何? (5%)

(c) 試繪出化合物會形成氫鍵的路易氏結構式。(5%)

4. N_2O 分解反應 $\text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g})$ 的反應機構如下：(20%)

$$\text{反應速率} = \{k_1 [\text{N}_2\text{O}]^2\} / \{1 + k_2 [\text{N}_2\text{O}]\} \text{ M min}^{-1} \quad (1)$$

阿累尼阿士定律 (Arrhenius Law)告訴我們，反應之速率常數可以寫成下列形式： $k = A \exp[-E_a(\text{J mol}^{-1})/RT]$ ，A 是常數而 E_a 為測量到反應的活化能，R 是氣體常數 T 為反應溫度，已知(1)式中 k_1 和 k_2 分別為

$$k_1 = 10^{19.39} \exp[-81800(\text{J mol}^{-1})/RT]$$

$$k_2 = 10^{8.69} \exp[-28400(\text{J mol}^{-1})/RT]$$

(a)當反應剛開始時，所測量到的活化能是多少?(10%)

(b)當反應快要結束時，所測量到的活化能是多少?(10%)

5、原子與原子結合成物質時，其原子間的相互作用力被稱為化學鍵，可略分為共價鍵，離子鍵以及金屬鍵等三種類型。(15%)

(a)若一個物質是由一種元素的原子所結合而成的，則該物質中原子間的化學鍵類型可能是? (5%)

(b)若一個物質是由兩種元素的原子所結合而成的，則該物質中原子間的化學鍵類型可能是? (5%)

(c)汞在常溫下以液態存在，其原子間的化學鍵類型可能是? (5%)

◆筆試（三）參考答案

一、單選題（30%，每題3分）

題號	1	2	3	4	5
答案	D	C	C	B	A
題號	6	7	8	9	10
答案	D	B	B	B	D

二、計算和簡答（70%）

- 1、 (a) 分散力
(b) 偶極-偶極力

2、 (b) ${}^3\text{He}(0.00014\%) + {}^4\text{He}(99.99986\%)$

$$p_{1,n} = p_{1,0}(M_2/M_1)^{n/2} / (p_{1,0}(M_2/M_1)^{n/2} + p_{2,0})$$

$$p_{1,1} = 0.0000014(4/3)^{1/2} / (0.0000014(4/3)^{1/2} + 0.9999986) = 0.00016\%$$

(c) ${}^{36}\text{Ar}(0.3372\%) + {}^{40}\text{Ar}(99.6628\%)$

$$p_{1,1} = 0.003372(40/36)^{1/2} / (0.003372(40/36)^{1/2} + 0.996628) = 0.3554\%$$

3、 (a) $\Delta T = K_f m = 1.86 (0.243/\text{MW})(1000/25) = 0.201 \quad \text{MW} = 90$

(b) $\text{C}:\text{H}:\text{O} = 53.31/12 : 11.18/1 : 35.51/16 = 4.44 : 11.18 : 2.22 = 2:5:1$
 所以實驗式 = $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ 所以分子式 = $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_n \quad n=2$
 分子式為 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$

(c) 例如可以為雙醇類 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$ 及其異構物。

4. (a) 當反應剛開始時 $k_2 [\text{N}_2\text{O}] \gg 1$ ，反應速率 = $(k_1 / k_2)[\text{N}_2\text{O}]$
 $k_1 / k_2 = 10^{10.7} \exp[-53400 (\text{J mol}^{-1})/RT] \quad E_a = 53400 (\text{J mol}^{-1})$
 (b) 當反應快要結束時 $k_2 [\text{N}_2\text{O}] \ll 1$ ，反應速率 = $k_1 [\text{N}_2\text{O}]^2 \quad E_a = 81800 (\text{J mol}^{-1})$

- 5、 (a) 共價，金屬
(b) 共價，離子，金屬
(c) 金屬

IV、筆試(四) 試題

一、單選題(30%，每題3分)

- () 下列有關游離能的敘述何者錯誤？(A) 從基態的原子把結合最鬆的電子移掉所需要的能量；(B) 可以從下式描述： $x + e^- \rightarrow x^- + \text{能量}$ ；(C) 同一週期元素的游離能粗略而言從週期表由左到右遞增；(D) 同一族元素的游離能從週期表由上到下遞減。
- () 化合物 XeO_2 的形狀與下列何者相似？(A) NO_2^- ；(B) CO_2 ；(C) H_2O ；(D) SiO_2 。
- () 下列有關臭氧的敘述何者錯誤？(A) 以路易士結構的電子點排列法(Lewis electron dot method)所排列出臭氧結構為 $\text{O}=\text{O}^+-\text{O}^-$ ；(B) 臭氧分子中氧和氧原子之間的鍵次(bond order)為 1.5；(C) 臭氧分子在地球高空吸收紅外線防止生物受害；(D) 臭氧分子對有機分子有氧化能力。
- () 何者為 NNO 最穩定型態？(A) $\text{N}=\text{N}=\text{O}$ ；(B) $\text{N}=\text{N}-\text{O}$ ；(C) $\text{N}-\text{N}=\text{O}$ ；(D) $\text{N}=\text{O}=\text{N}$ 。
- () 有關下列反應的敘述何者錯誤？ $\text{BF}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{F}_3\text{B}:\text{NH}_3$ (A) BF_3 是路易士(Lewis)酸；(B) NH_3 是阿瑞尼士(Arrhenius)鹼；(C) 反應前後硼原子的形式電荷(formal charge)沒有改變；(D) 反應後氮原子的電子密度減少。
- () 甲、乙、丙三種氣體，在同溫同壓下，2 體積甲和 1 體積乙化合成 2 體積丙。若甲之化學式為 A_2 ，則乙之化學式可能為何？(A) A_2B ；(B) AB_2 ；(C) A_2B_2 ；(D) A_2B_3 。
- () 下列敘述，何者錯誤？(A) 一原子之質量數，就是它的質量；(B) 原子核外的電子數和核內質子數相等；(C) 原子核內質子數相同，中子數不同的原子，稱為同位素；(D) 同位素之化性相同，而質量不同。
- () 下列熔點大小比較，何者錯誤？(A) $\text{Na} > \text{K}$ ；(B) $\text{NaCl} > \text{CCl}_4 > \text{Cl}_2$ ；(C) $\text{MgO} > \text{KI}$ ；(D) 順-二氯乙烯 > 反-二氯乙烯
- () 列各項敘述何者錯誤？(A) SnCl_4 ：在軍事上可作煙幕；(B) 天然寶石主要成份是 Al_2O_3 ；(C) 鉛丹 Pb_3O_4 與油類相調和塗於鐵器上可防止生鏽；(D) 純 Al_2O_3 中含少量 Cr_2O_3 呈藍色，為藍寶石。
- () 下列各項敘述何者錯誤？(A) E_g (能帶差)：絕緣體 > 半導體 > 金屬；(B) 價帶中電子不導電，躍遷至傳導帶方可導電；(C) 溫度升高，金屬導電度下降；(D) 導電度大小順序：鋁 > 鎘 > 石墨 > 硫。

二、計算與問答題(共 70 分)

- 酒精(乙醇， $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)可以用來當汽車的燃料。(9%)
 - 寫下乙醇(液態)燃燒的方程式並計算一莫耳乙醇完全燃燒成 $\text{CO}_2(\text{g})$ and $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的放熱量。
 - 乙醇的密度約 0.8 g mL^{-1} 。計算 1 L 乙醇完全燃燒成 $\text{CO}_2(\text{g})$ and $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的放熱量。
 - 假如汽車跑的距離和使用燃料的放熱量成正比。計算同為一升的乙醇和汽油[假設汽油為正辛烷 C_8H_{18} ， $H^\circ_f = -208.4 \text{ kJ mol}^{-1}$ ；密度約 0.7 g mL^{-1}]完全燃燒推動汽缸。請問使用汽油為燃料的汽車比以乙醇為燃料的汽車能多跑幾倍距離？

Table

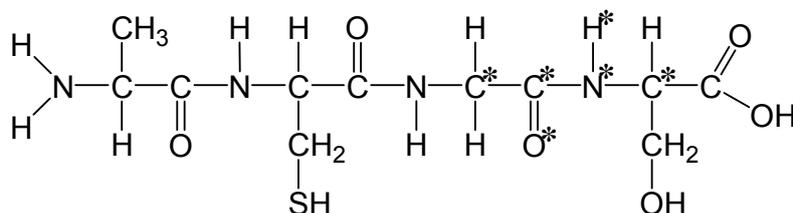
化合物	H°_f , kJ mol ⁻¹
C ₂ H ₅ OH(l)	-484.5
C ₂ H ₅ OH(g)	-432.25
CO ₂ (g)	-393.51
H ₂ O(l)	-285.83
H ₂ O(g)	-241.82

[原子量 H: 1.00, C:12.00, O:16.00]

2. 一定體積的氧氣(O₂)擴散經過一多孔洞物質需時 10.0 秒，同一定體積的某氣體擴散經過同一多孔洞物質需時 9.36 秒，此氣體可能是什麼分子？(寫出兩種) (6%)
3. 有位學生重複密立根油滴實驗(Millikan oil-drop experiment)共九次得到如下數據。(9%)

1	6.563 X 10 ⁻¹⁹ C	2	13.13 X 10 ⁻¹⁹ C	3	19.71 X 10 ⁻¹⁹ C
4	8.204 X 10 ⁻¹⁹ C	5	16.48 X 10 ⁻¹⁹ C	6	22.89 X 10 ⁻¹⁹ C
7	11.50 X 10 ⁻¹⁹ C	8	18.08 X 10 ⁻¹⁹ C	9	26.18 X 10 ⁻¹⁹ C

- (a) 據上述數據估計每顆油滴可能附著的電子數目
- (b) 根據上述數據估計電子的可能電荷值
- (c) 根據密立根油滴實驗及湯姆生的實驗 $e/m_e = 1.7588202 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1}$ 數據估計電子的可能質量
4. A, B, C, D 四種金屬的性質分述如下：(a) B 溶於稀 H₂SO₄，而 A, C 不溶；(b) A 與 C 組成電池時，C 為正極；(c) 常溫下 D 可與水反應，但 A, B, C 不會。則 A~D 金屬氧化電位順序如何？(6%)
5. 對於下列六個中性原子：B, F, Ne, Na, Mg, Al，試回答下列問題。(18%)
- (a) 第一游離能由大而小排列為何？
- (b) 第二游離能以誰最大，誰最小？
- (c) 試比較 F 及 Ne 的第三游離能大小，並解釋其原因。
6. 下列為某多肽的構造，試回答下列問題。



- (a) 試問其中有若干種胺基酸？有幾個肽鍵？(6%)
- (b) 此多肽結構中，已選擇的六個原子(已用 * 作記號)會在同一平面上，試解釋其原因。(6%)

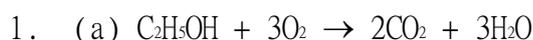
7. 有關鐵的反應如下：把 NaOH_(aq) 加到硫酸亞鐵溶液中，可生成綠色的沉澱 A，將此沉澱 A 與 3% H₂O_{2(aq)} 反應，則變成褐色固體 B，將固體 B 加入 H₂SO_{4(aq)} 時，形成黃色溶液 C；再加入 KSCN_(aq) 變成血紅色溶液 D；最後滴入黃血鹽溶液生成藍色沉澱 E，試問，各 A、B、C、D、E 化學式。(10%)

◆筆試（四）參考答案

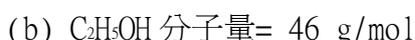
一、單選題（30%，每題3分）

題號	1	2	3	4	5
答案	B	B	C	B	C
題號	6	7	8	9	10
答案	C	A	D	D	D

二、計算與問答題(共70分)



$$H = 2 \times (-393.51) + 3 \times (-241.82) - (-484.5) = -1027.98 \text{ kJ mol}^{-1}$$

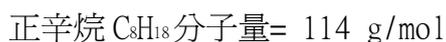


$$1 \text{ L } C_2H_5OH = 800 \text{ g}$$

$$\text{放熱量} = 800/46 \times (-1027.98 \text{ kJ mol}^{-1}) = -17878 \text{ kJ}$$



$$H = 8 \times (-393.51) + 9 \times (-241.82) - (-208.4) = -5116 \text{ kJ mol}^{-1}$$



$$1 \text{ L } C_8H_{18} = 700 \text{ g}$$

$$\text{放熱量} = 700/114 \times (-5116 \text{ kJ mol}^{-1}) = -31414 \text{ kJ}$$

$$-31414 / -17878 = 1.76 \text{ 倍}$$

2. 氣體擴散速率和質量開根號成反比。 $X = (9.36/10)^2 \times 32 = 28$ 。此氣體可能是 CO 或 N_2 。

3. (a)

1	4 個	2	8 個	3	12 個
4	5 個	5	10 個	6	14 個
7	7 個	8	11 個	9	16 個

(b) $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

(c) $m_e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} / 1.7588202 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1} = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

4. $D > B > A > C$

5. (a) $Ne > F > B > Mg > Al > Na$

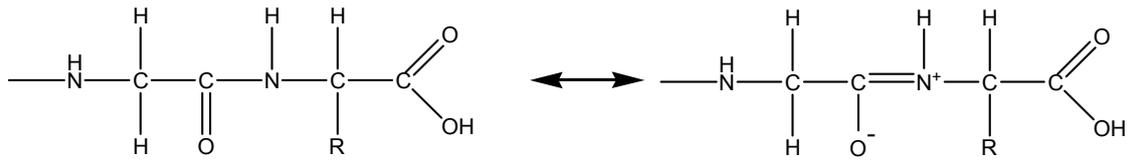
(b) Na 最大，Mg 最小

(c) F 第三游離能 > Ne 第三游離能，因 F 失去二個電子後處在半填滿狀況 ($1s^2 2s^2 2p^3$) 較穩定，而 Ne 失去二個電子後 ($1s^2 2s^2 2p^4$)，較易失去第三個電子。

6. (a) 四種胺基酸，三個肽鍵

(b) C-N 鍵有部分雙鍵之特性（共振現象），故此六個原子（已用 * 作記號）會在同一平面

上。



7. A $\text{Fe}(\text{OH})_{2(s)}$ 綠色
B $\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}$ 褐色
C $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$ 黃色
D $\text{FeSCN}^{2-}_{(aq)}$ 血紅色
E $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_{3(s)}$ 普魯士藍

V、實作（一）試題

探究洗衣粉的軟化劑

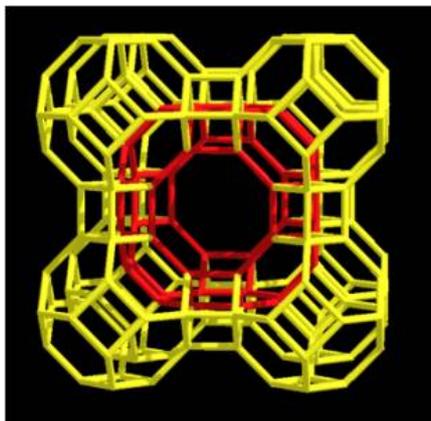
實驗競賽說明

1. 請仔細閱讀實驗內容和熟悉回答格式，才開始進行實驗操作。
 2. 所有的實驗報告均填寫在表格內，請勿撰寫在表格之外，以避免遺落評閱。
 3. 請在時間內完成實驗操作以及撰寫實驗報告，撰寫報告應該力求具體而且詳盡。
 4. 爲了保握時間，在等待的過程中（如過濾和烘乾），建議你進行其他的實驗或撰寫報告。
 5. 實作一的實驗時間爲 2 小時 30 分鐘，在還沒告知可離開試場時，請勿擅自離開。
 6. 本份試題含實驗報告紙共有七頁，每一頁的右上角請寫上組別代號。
-

一、實驗簡介

含有酸式碳酸鈣（ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ）、酸式碳酸鎂（ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ）、硫酸鈣（ CaSO_4 ）、硫酸鎂（ MgSO_4 ）等鹽類的水稱爲硬水，不含這些鹽類的水叫做軟水。硬水又分爲暫時硬水和永久硬水，含有酸式碳酸鹽的水叫做暫時硬水，含有硫酸鈣或硫酸鎂的水叫做永久硬水。暫時硬水能夠加石灰（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）或煮沸而軟化。永久硬水不能加石灰或煮沸來軟化，但是可以用其他方法，如離子交換（ion exchange）或加水軟化劑（water softener）來軟化含鈣和鎂等離子的硬水。

最新合乎綠色環保的水軟化劑是沸石。沸石分爲天然的和人造的，它不溶於水。天然沸石是一種低密度的礦石，由氧化矽、氧化鋁與鹼在水汽壓力下所形成的鋁矽酸鹽（aluminosilicate），其主要成份爲鋁矽酸鈉（ $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ），圖一爲沸石A（Zeolite A）的構造示意圖，此三維構造的中間有一個孔洞，能夠吸收硬水的鈣和鎂等離子。沸石由於生成的環境而產生許多細小的孔隙，在水中煮沸時會冒泡，故稱爲「沸石」。人造沸石便是利用這種原理而製造有許多孔洞的三維構造之小顆粒。



圖一 沸石 A 的構造示意圖

在合成清潔劑中的作用主要是利用沸石的吸收性和吸附性。沸石中的鈉離子和水中的鈣離子進行交換，使水質軟化，同時吸附污垢粒子成爲污垢積聚成長的核或促進污垢聚集，而增強合成清潔劑的去污效果。

本次實驗的主要項目有：(1) 測定洗衣粉中沸石的含量，(2) 調查各種軟化劑對水的軟化效果，以及 (3) 調查沸石的性質。這些配分分別爲 50%、35%和 15%。

二、器材和藥品

(一)各組器材和藥品【放置在各組實驗桌上的塑膠盆內，下面數量爲各組使用量】

1. 一般容器：燒杯 8 個（50 mL 5 個；100 mL、250 mL、和 500 mL 各 1 個）；錐形瓶 3 個（50 mL、125 mL、和 250 mL 各 1 個，其中 250 mL 附矽橡皮塞）；試管 2 支（150 mm x 14 mm）。
2. 一般器材：PE 滴管 3 支（3 mL）；一般藥匙 1 支；微量藥匙 1 支；玻棒 1 支（15 cm）；鑷子 1 支；坩埚夾 1 支。
3. 體積測量：量筒 3 個（10 mL、25 mL 和 100 mL 各 1 個）。
4. 重量測量：稱重瓶 1 個。
5. 過濾裝置：漏斗 1 支（75 mm）；濾紙 1 張（15 cm）。
6. 安全用品；安全眼鏡 1 副；乳膠手套 1 雙；實驗衣 1 件。
7. 清潔工具：試管刷 1 支；抹布 1 塊。

(二)共用藥品和器材【放置在實驗室的示範桌上、抽風櫃或其他公共區域，每間實驗室用量。】

1. 主要物品：一匙靈超濃縮洗衣粉（1 盒，2.0 Kg）。
2. 肥皂香皂：Lux 麗仕香皂 6 塊。
3. 一般藥品：食鹽（台鹽，2 包）；藥用酒精（5 瓶）。（分別放置 2 支一般藥匙、10 mL 量筒和 PE 滴管備用）

4. 水軟化劑：五種包含①碳酸鈉 (sodium carbonate)；②磷酸鈉 (sodium phosphate, tribasic)；③乙二胺四醋酸鈉 (EDTA-4Na)；④鋁明礬 (potassium alum) 各一瓶；⑤沸石 (前四項軟化劑溶液已經配製完成，沸石由本次實驗取得自己配製。)
5. 抽氣過濾：水流抽氣機 7 台或水流抽氣器 13 組；布氏漏斗 26 支 (50 mm)；濾紙 5 盒 (50 mm)。
6. 稱量工具：電子天平 4 台 (精稱到 0.0001 g)；稱量紙 200 張；一般藥匙 4 支；微量藥匙 4 支。
7. 烘乾設備：烘箱 2 台 (設定在 150–200°C)。
8. 一般工具：小刀 6 支 (削鉛筆用)；油性簽字筆 3 支。
9. 其他用品：自來水 (本實驗室水龍頭的水)；蒸餾水 2 桶 (20 L)；衛生紙 3 包；影印紙 1 包 (A4)；洗潔精 1 瓶；廢棄物回收桶 1 個。

三、安全和注意事項

1. 在實驗室內，你必須全程戴安全眼鏡。實驗操作時應該戴手套和穿實驗衣。
2. 如果對實驗的安全問題有任何質疑，請勿猶豫，立刻詢問監試人員。
3. 若不慎接觸藥品，則用大量水沖洗，必要時報告監試人員。
4. 每位參賽者的器材和藥品已放在個人的塑膠盆之內，不可額外要求或自行從實驗室取得。
5. 藥品附有專用的滴管和藥匙，不可污染其他藥品。
6. 電子天平的「T」或「Tare」鍵用於扣除毛重或歸零。在稱重時，輕放物品在秤台上並且關上玻璃門，在「g」出現後即可讀取重量。

四、廢棄物處理

1. 實驗後的各種溶液：這些溶液可以倒入水槽中，用大量的水沖掉。
2. 未用的各種溶液：這些溶液可以倒入水槽中，用大量的水沖掉。
3. 固體物質：丟棄於垃圾桶中，不可以丟到水槽中。

五、探究洗衣粉的水軟化劑

(一) 測定洗衣粉中沸石的含量 [50%]

A. 實驗步驟

1. 取得含沸石的洗衣粉，紀錄其出產公司以及廠牌名稱和型號等資料。

註：本次實驗提供花王（台灣）股份有限公司出品的『一匙靈超濃縮洗衣粉』。

2. 稱重約 2 g（精確到 0.0001 g）的洗衣粉（設為 w_{det} ），置入一個 250 mL 的燒杯中，加約 25 mL 的蒸餾水，用玻棒攪拌促使清潔劑溶解。
3. 以抽氣過濾方法取得純的沸石。首先定量地轉移洗衣粉水溶液到白氏漏斗的濾紙上，抽氣過濾取得不純的沸石。再用約 10 mL 的蒸餾水洗滌沸石兩次，然後用約 5 mL 的藥用酒精洗滌沸石兩次。繼續抽氣沸石粉末 2 分鐘。

註：抽氣過濾（suction filtration）的詳細操作步驟，附錄在最後一頁。

問題 1：① 為什麼用蒸餾水洗滌沸石？ ② 為什麼再用藥用酒精洗滌沸石。 [6%]

答：①

②

4. 用鑷子或微量藥匙從布氏漏斗取出濾紙，放到一個 100 mL 的燒杯中。假如布氏漏斗的內壁仍有殘留的沸石粉末，那麼用微量藥匙刮下並且置入此燒杯中。利用微量藥匙從濾紙上刮下微乾的沸石到此燒杯中，再用此藥匙壓碎沸石成為粉末狀。

註：若沸石不易被刮下，則先放在 150–200°C 的烘箱中乾燥約 5 分鐘。

5. 用油性簽字筆在一個稱重瓶和其瓶蓋寫上組別，稱其重量（設為 w_{wb} ）並且記錄之。然後，定量地轉移沸石粉末到此稱重瓶中，並且均勻地分散在稱重瓶的底部。
6. 稱重瓶的瓶蓋以半打開非密封的形式使放在瓶口上，然後放入烘箱中乾燥約 5–10 分鐘。
7. 在打開烘箱後，立即蓋上稱重瓶的瓶蓋，用坩堝夾取出。在靜置冷卻到接近室溫後，稱其重量（設為 $w_{\text{wb}+z}$ ）並且記錄之。繼續置入烘箱中乾燥約 5 分鐘，直到連續兩次的沸石重量之差在 2% 之內。

註：沸石粉末不可丟棄。在試驗 1 和試驗 2 所得到的沸石，將分別用於第二個和第三個實驗。

8. 如果時間許可，重覆上述實驗步驟二次（或連續兩次試驗的相對平均偏差在 1% 內）。
9. 計算沸石在洗衣粉之重量百分比。

B. 紀錄結果

1. 洗衣粉出產公司：花王（台灣）股份有限公司；廠牌名稱和型號：一匙靈超濃縮洗衣粉。
2. 沸石在洗衣粉中的重量百分比。 [44%]

試驗次數	試驗 1	試驗 2	試驗 3	平均值
重量百分比				
洗衣粉重量 (w_{det} , g)				
稱重瓶重量 (w_{wb} , g)				
稱重瓶加沸石重量 (w_{wb+z} , g)				
沸石重量 (w_z , g)				
沸石的重量百分比 (%)				
偏差 (D, %)				---
相對偏差 (RD, %)				---
相對平均偏差 (RMD, %)				---

(二) 調查各種軟化劑對水的軟化效果 [35%]

A. 實驗步驟

1. 配製肥皂水溶液：用一支小刀的刀片刮下肥皂成爲極細的粉末或碎屑。放置此粉末或碎屑到一支含 100 mL 蒸餾水的錐形瓶中，搖晃促使肥皂快速溶解。以重力過濾方式取得接近透明的肥皂水溶液。

註：本次實驗提供『Lux 麗仕香皂』。若溶液的濃度太濃，則可以用蒸餾水稀釋。

2. 配製軟化劑溶液：稱重 0.50 g 的軟化劑（精確到 0.01 g 即可），溶解在 50 mL 的蒸餾水中，得到 1.0% 的軟化劑水溶液。

註 1：本實驗的軟化劑有五種：碳酸鈉 (sodium carbonate)；磷酸鈉 (sodium phosphate, tribasic)；乙二胺四醋酸鈉 (EDTA, tetrasodium)；鋁明礬 (potassium alum)；和沸石 (zeolite A)。沸石從第一個實驗的『試驗 1』取得。

註 2：上述前四種軟化劑溶液已經配製完成，放在公共區域，每一種溶液最多取用量 25 mL，沸石水溶液自己配製。由於沸石不溶於水，因此使用前應該攪拌混合均勻。

3. 設計實驗：詳細地寫出你的實驗步驟，調查各種軟化劑對水的軟化效果。設計實驗時應該注意三項變因：控制變因、自變因（操縱變因）和依變因（應變因）。 [8%]

<p>問題 1：以逐條方式寫出你的詳細實驗步驟於下方：</p>	<p>以圖式表示你的實驗步驟於下方並且以數字標示添加各種溶液的順序。</p>
----------------------------------------	----------------------------------------

問題 2：在上述的實驗步驟中，何者為控制變因？何者為自變因（操縱變因）？何者為依變因（應變因）？在你設計的實驗中，依變因是如何被觀察或被測量？

[5%]

答：控制變因：

自變因：

依變因：

依變因的觀察或測量：

B. 紀錄結果

1. 調查各種軟化劑對水的軟化效果。(以①、②、③表示添加三種溶液的順序。)(以 1、2、3、4 和 5 表示軟化的效果，1 為最佳，5 為最差。)**[16%]**

軟化劑名稱	添加順序	未加軟化劑	碳酸鈉	磷酸鈉	EDTA	鋁明礬	你的沸石
軟化劑的體積 (mL)		---					
自來水的體積 (mL)							
肥皂水的體積 (mL)							
軟化效果 A (數字表示)	---	---					
軟化效果 B (數字表示)	---	---					不比較

問題 3：① 以化學原理說明磷酸鈉能夠當作水的軟化劑。② 為什麼磷酸鈉已經不用於水的軟化？**[6%]**

答：①

②

(三) 探究沸石的性質 [15%]

A. 實驗步驟

1. 從第一個實驗的『試驗 2』取得含沸石的稱重瓶。
2. 放置此稱重瓶於實驗桌上，打開瓶蓋使沸石與空氣接觸，每隔五分鐘稱重一次並且記錄之，共 10 分鐘。稱重時記得蓋上瓶蓋。

B. 紀錄結果

1. 探究沸石與空氣接觸的情形。**[10%]**

增加重量 \ 空氣接觸時間	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘
當時的時間 (時:分)			
稱重瓶加沸石重量 (w_{wb+z} , g)			
稱重瓶重量 (w_{wb} , g)			
沸石的重量 (w_{wb+z} , g)			
沸石增減的重量 (w_{add} , g)	0		
沸石增減重量的百分比 (%)	0		

問題 4：以化學原理說明沸石與空氣接觸所發生的重量改變。 [5%]

=====

附錄

抽氣過濾的詳細操作步驟

抽氣過濾裝置的主要元件包括布氏漏斗 (盜漏斗)、吸濾瓶、安全瓶和水流抽氣器 (或水流抽氣機)，依序連接元件組合而成。抽氣過濾的詳細操作步驟如下：

1. 濾紙平放在布氏漏斗內的多孔平面上，而且濾紙的直徑與布氏漏斗的內徑剛好相同才可以，所有的孔洞都被濾紙蓋住。以原先的溶劑潤濕濾紙，在抽氣吸緊後才倒入待濾溶液。
2. 當待濾溶液倒入布氏漏斗中時，可用玻棒來引導溶液的流向，有時要攪拌待濾溶液促使固體物質過濾。用原先的溶劑潤洗燒杯，並且倒入布氏漏斗中過濾。
3. 打開在安全瓶的節流夾使之與大氣壓力平衡，在不抽氣的狀態下，倒入適量的溶劑或洗滌液於布氏漏斗內。洗滌約 1 分鐘後，關閉節流夾，繼續地抽氣過濾。
4. 再持續地抽氣約 2 分鐘使固體接近乾燥。
5. 完成抽氣過濾後，先打開節流夾使之與大氣壓力平衡，再關閉水流抽氣機的馬達或水龍頭的水流。
6. 從吸濾瓶上取出布氏漏斗，從濾紙上取得固體物質。

◆實作（一）參考答案

（一）

A、問題一

- ① 用蒸餾水洗滌沸石是爲了洗去沸石粒子之間清潔劑。
- ② 用藥用酒精洗滌沸石是爲了洗去沸石粒子之間的水分和有機物，並且促使沸石快速乾燥。

B、2.

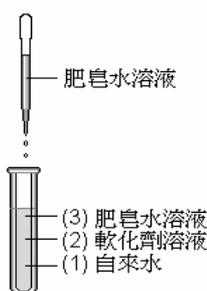
試驗次數	試驗 1	試驗 2	試驗 3	平均值
重量百分比				
洗衣粉重量 (w_{det} , g)	2.0160	2.0364	2.0213	2.0246
稱重瓶重量 (w_{wb} , g)	28.6473	28.6473	28.6473	28.6473
稱重瓶加沸石重量 (w_{wb+z} , g)	29.0932	29.0813	29.1066	29.0937
沸石重量 (w_z , g)	0.4459	0.4340	0.4593	0.4464
沸石的重量百分比 (%)	22.12	21.31	22.72	22.05
偏差 (D, %)	0.08	0.73	0.63	---
相對偏差 (RD, %)	0.35	3.3	3.1	---
相對平均偏差 (RMD, %)	2.3			---

（二）

A、

1. 以滴管取 6.0 mL 自來水到試管中，並加入 1.0 mL 的軟化劑溶液，以大拇指塞住管口並搖盪混合均勻。
2. 在一支 10 mL 的量筒中，置入肥皂水溶液恰好到 10.00 mL 的刻度線，並且紀錄之。
3. 使用 PE 滴管吸取量筒中的肥皂水溶液，逐滴地滴入試管中，並且以大拇指塞住管口並用力搖盪，觀察試管中是否有泡沫生成。當有泡沫生成而且持續 10 秒鐘以上，即停止滴加。
4. 排出在滴管中剩餘的肥皂水溶液到量筒中，並且紀錄液面的刻度。計算肥皂水溶液的使用體積。

順序：



問題二

控制變因：自來水的來源、自來水的用量、軟化劑溶液的體積。

自變因：各種軟化劑。

依變因：軟化效果。

依變因的觀察或測量：添加肥皂水溶液有泡沫生成而且持續 10 秒鐘以上。

B、

軟化劑名稱 軟化效果	添加 順序	未加軟 化劑	碳酸鈉	磷酸鈉	EDTA	鋁明礬	你的 沸石
軟化劑的體積 (mL)	②	---	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
自來水的體積 (mL)	①	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
肥皂水的體積 (mL)	③	7.1	5.2	1.6	0.1	0.5	2.9
軟化效果 A (數字表示)	---	---	5	3	1	2	4
軟化效果 B (數字表示)	---	---	4	3	1	2	不比較

問題三

- ① 磷酸鈉能夠與永久硬水的鈣離子、鎂離子和鐵離子結合分別形成磷酸鈣、磷酸鎂和磷酸鐵而降低水的硬度。
- ② 洗衣粉添加磷酸鹽可軟化水質，以增加洗淨能力。但是磷是植物所需的生長營養元素之一。若含磷的洗衣廢水排放到河川和湖泊，則水中藻類得到含磷養分而大量繁殖。在藻類死亡後，細菌開始分解藻類，消耗大量的水中溶氧造成水中動物和植物難以生存，造成湖泊和河川優氧化。植物也會得到含磷養分會大量繁殖，以致河中的魚蝦等動物因缺氧而難以生存，甚至死亡。

(三)

空氣接觸時間	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘
增加重量			
當時的時間 (時：分)	15 : 30	15 : 35	15 : 40
稱重瓶加沸石重量 (w_{wb+z} , g)	29.0813	29.1049	29.1144
稱重瓶重量 (w_{wb} , g)	28.6473	28.6473	28.6473
沸石的重量 (w_{wb+z} , g)	0.4340	0.4576	0.4671
沸石增減的重量 (w_{add} , g)	0	+0.0236	+0.0331
沸石增減重量的百分比 (%)	0	+5.44	+7.63

問題四

沸石的重量隨時間的流去而增加，這是由於沸石具有吸水性，其三維結構有孔洞以物理吸附水分子。

VI、實作(二) 試題

相關資料請先參閱：

一、題目：測定硝酸鈣水溶液中鈣離子之容積莫耳濃度。

二、相關資料：

1. CaCO_3 ：分子量 100.09，熔點 1339 °C，在 25 °C 時 100 g 水可溶解 1.4 mg。
2. 0.1 N 鹽酸可以煮沸一小時而沒有顯著的 HCl 逸出，0.5 N 鹽酸可以煮沸 10 分鐘而沒有顯著的 HCl 逸出。(以上須適時補充蒸發的水份，以免因水大量減少，提高鹽酸濃度而造成 HCl 的逸出)。水中碳酸可以煮沸 5 分鐘而分解逸出。
3. 本生燈若不會使用可請教評審。點火時身體應遠離燈具。並請使用擋風板以免風吹火熄。

三、特別說明：

1. 待測硝酸鈣水溶液、已知濃度之 NaOH 溶液、未知濃度之 HCl 溶液、未知濃度之碳酸鈉溶液。(以上各溶液總使用量各限 250 mL 請自行一次取回)。
2. 限以本試題中所提供器材藥品進行實驗。
3. 本試題紙及實驗報告紙於實驗完畢一併繳回。記得寫上組別。
4. 請注意實驗安全。使用本生燈要隨時留意是否熄滅
5. 廢棄液及剩餘溶液請直接倒入水槽並沖水(會排入污水廠)

四、器材藥品：

(一) 個人部份

1. 滴定管(酸鹼)	各 1 支	13. 擋風板	1 個
2. 漏斗	2 支	14. 抹布	1 塊
3. 玻棒	2 支	15. 滴定管架	1 套
4. 洗滌瓶	1 個	16. 滴定管刷	1 支
5. 漏斗架	1 副	17. 計算機(自備)	
6. 滴管	5 支	18. 三腳架	1 個
7. 燒杯(250 mL)	8 個	19. 本生燈	1 具
8. 錐形瓶(250 mL)	5 個	20. 火柴	1 盒
9. 安全眼鏡	1 副	21. 陶瓷纖維網	1 片
10. 乳膠手套	1 雙	22. 濾紙	5 張
11. 量筒(100 mL)	1 支	23. 白紙(草稿用)	1 張
12. 標籤紙	1 些		

(二) 公用部份

1. NaOH 溶液(0.2779 N)	250 mL (每人)	6. 肥皂粉
2. HCl 溶液(濃度未知)	250 mL (每人)	7. 酚酞
3. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 溶液(待測)	250 mL (每人)	8. 凡士林
4. Na_2CO_3 溶液(濃度未知)	250 mL (每人)	9. 蒸餾水
5. 衛生紙		

題目：測定硝酸鈣水溶液中鈣離子之容積莫耳濃度。

一、實驗步驟：(以簡要的文字寫出，但要完整，不可遺漏) [20%]

二、實驗數據：(有系統的以表格方式呈現) [15%]

三、計算過程：(以第一次數據為例，列出計算過程) [15%]

四、實驗結果：硝酸鈣水溶液中鈣離子之容積莫耳濃度=_____M (三位小數) [30%]

五、實驗討論：(對於實驗步驟中，某些操作過程或特殊技巧、藥品用量，若有其特殊用意，請一併在此說明) [20%]

◆實作（二）參考答案

一.

（一）預測：

取 20 滴硝酸鈣水溶液於杯中，加入 20 滴碳酸鈉水溶液，過濾沉澱後澄清濾液再加入 10 滴碳酸鈉水溶液未見新沉澱，預測知要完全沉澱出鈣離子需 1:1 體積即過量。

（二）鈣離子濃度測定

1. 精量 10.00mL 左右硝酸鈣水溶液於杯中，加入約 10mL 碳酸鈉水溶液，過濾出沉澱，澄清濾液再加入少量碳酸鈉水溶液未見新沉澱。
2. 以少量蒸餾水小心洗沉澱。
3. 將沉澱物及濾紙置入燒杯中再加入過量鹽酸以完全溶解碳酸鈣，記下鹽酸體積。
4. 酚酞做指示劑，以 NaOH 溶液(0.2779 N)反滴定過量鹽酸。

（三）鹽酸濃度標定

酚酞做指示劑，以 NaOH 溶液(0.2779 N)滴定出鹽酸濃度。

註：尚有四種方法

二、實驗數據：（有系統的以表格方式呈現） [15%]

鈣離子濃度測定

實驗次別	硝酸鈣溶液體積 (mL)	鹽酸體積 (mL)	反滴定 氫氧化鈉溶液體積 (mL) (過量鹽酸)	用去鹽酸體積 (mL)	鈣離子濃度 (M)
第一次	11.57	24.55	13.90 (過量鹽酸 13.796)	10.754	0.1301
第二次	10.24	23.38	14.20 (過量鹽酸 14.094)	9.286	0.1270
第三次	10.24	23.11	13.84 (過量鹽酸 13.736)	9.374	0.1282
平均					0.1284

氫氧化鈉濃度標定

實驗次別	KHP 質量(g)	NaOH 體積(mL)	NaOH 濃度(M)
第一次	0.9300	16.30	0.2794
第二次	0.8839	15.58	0.2779
第三次	0.9320	16.50	0.2766
平均			0.2779

鹽酸濃度標定

實驗次別	鹽酸體積(mL)	NaOH 體積(mL)	鹽酸濃度(M)
第一次	15.00	15.10	0.2798
第二次	15.15	15.28	0.2803
第三次	15.09	15.20	0.2799
平均			0.2800

三、計算過程：(以第一次數據為例，列出計算過程) [15%]

$$[Ca^{2+}] = \{ [(24.55 - 13.796) / 1000] \times 0.28 \times 0.5 \} \div 0.01157$$

$$= 0.1301 \text{ (M)}$$

四、實驗結果： 硝酸鈣水溶液中鈣離子之容積莫耳濃度= 0.128 M (三位小數) [30%]

五、實驗討論：(對於實驗步驟中，某些操作過程或特殊技巧、藥品用量，若有其特殊用意，請一併在此說明) [20%]

(略)