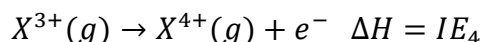
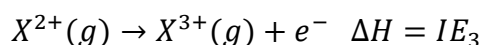
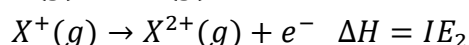
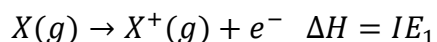


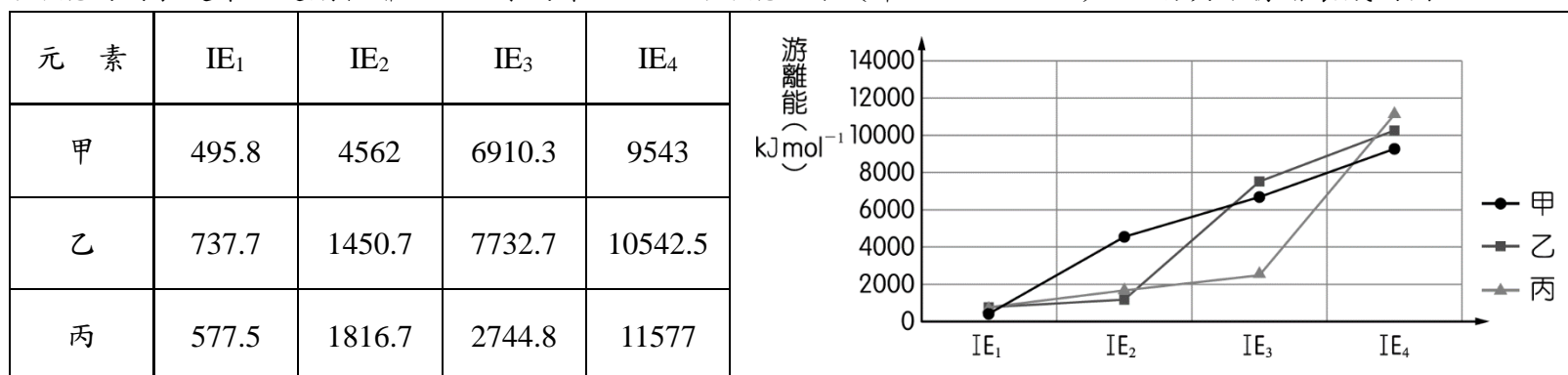
國立彰化高級中學 111 學年度數理資優班化學科第二階段鑑定考題

考試說明：請將答案以不可擦拭的原子筆填在答案卷。原子量：Na=23、S=32、Cl=35.5、Cu=64、Cs=133

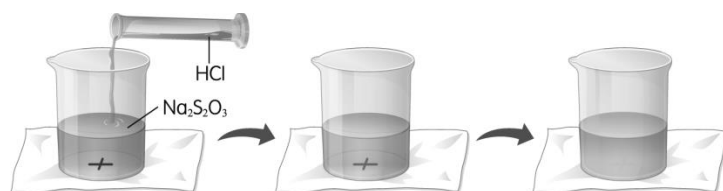
1. 游離能 (Ionization Energy, IE) 為氣態原子或離子失去一個電子所需的最低能量。而氣態元素 X 失去電子之第一~第四連續游離能可以方程式表示如下：



游離能的附表是第三週期相鄰 3 個元素的第一~四游離能大小 (單位：kJ mol⁻¹)，並將其數據繪製成附圖。



- (1) 元素之連續游離能是否遵循 $IE_1 < IE_2 < IE_3 < IE_4$? 請說明原因。(3分)
 - (2) 對於甲元素而言， IE_2 為 IE_1 的 9.2 倍， IE_3 為 IE_2 的 1.5 倍， IE_4 與 IE_3 的 1.4 倍，試解釋甲元素 IE_2 急劇增加的原因。(3分)
 - (3) 試解釋第一游離能為乙大於甲的原因。(3分)
 - (4) 試解釋第一游離能為乙大於丙的原因。(3分)
 - (5) 請將甲、乙、丙三元素的原子半徑由大至小排列。(3分)
2. 小香曾在化學課上看老師做示範實驗，將鹽酸加入硫代硫酸鈉溶液，溶液漸漸混濁，有黃色固體逐漸析出，而析出的量慢慢會遮住底下白紙畫的十字，如附圖所示。小香覺得很有趣，想探討鹽酸、硫代硫酸鈉溶液濃度的變化對黃色固體生成速率的關係，於是想設計實驗來探討，並記錄鹽酸、硫代硫酸鈉兩溶液從混合開始至遮住底下白紙畫的十字所需之時間。



- (1) 硫代硫酸鈉 (Na₂S₂O₃) 在鹽酸 (HCl) 中會產生自身氧化還原反應，其反應式如下，其中反應速率之測定可以甲物質的生成為基準。Na₂S₂O₃(aq) + HCl(aq) → NaCl(aq) + H₂O(l) + SO₂(g) + 甲 (方程式未平衡) 請根據原子不減，試判斷甲物質為何以完成以上反應式(必須寫出甲的狀態)。(3分)
- (2) 請說明為什麼選甲物質來測定反應速率?(3分)
- (3) 小香在設計實驗時，預以下列五種配方溶液操作實驗，請你協助他選擇何者較合理並說明原因。(3分)

實驗次數	0.2 M Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	0.2 M HCl (mL)
1	10	10
2	12	8
3	14	6

實驗次數	0.2 M Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	0.2 M HCl (mL)
1	10	10
2	10	8
3	10	6

實驗次數	0.2 M Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	0.2 M HCl (mL)	H ₂ O (mL)
1	10	10	0
2	8	10	2
3	6	10	4

實驗次數	0.2 M Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	0.2 M HCl (mL)	H ₂ O (mL)
1	10	10	0
2	10	8	2
3	10	6	4

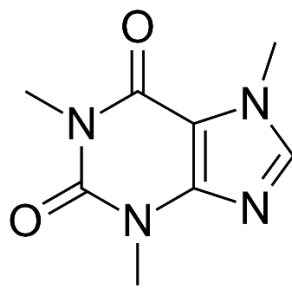
實驗次數	0.2 M Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	0.2 M HCl (mL)	H ₂ O (mL)
1	10	10	0
2	8	8	4
3	6	6	8

配方 1	配方 2	配方 3
配方 4	配方 5	

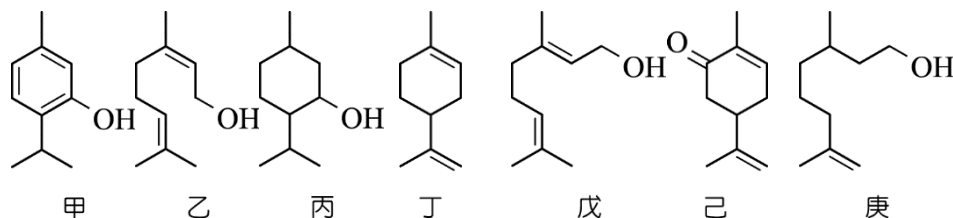
3. 酚的示性式為C₆H₅OH，若以鍵線式表達其化學結構，常以下圖左的方式表達，此結構中看似只有一個氫，但實際上鍵線式可以將碳上接的氫省略，但其他元素上接的氫皆不可省略，一些常見的有機物其鍵線式和示性式的對照如表所示。

<p>上圖左省略了所有碳上的氫 與右圖意義相同。</p>	中文名	鍵線式	示性式
	戊烷		CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
	1-氨基戊烷		CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ NH ₂
	反-2-戊烯		CH ₃ CH=CHCH ₂ CH ₃

- (1) 依上所述，咖啡因的鍵線式如下，且其分子式為C_wH_xN_yO_z，則 (w+x)÷(y+z) = ? (3分)



- (2) 已知咖啡因的分子中，除了氫之外之所有的原子都滿足八隅體（周圍圍繞著八個電子），則此結構中共有幾對孤對電子？(3分)
- (3) 此結構中共有幾對鍵結電子對？（注意：雙鍵算兩對）(3分)
- (4) 下列甲~庚的結構當中，哪些結構互為同分異構物？（寫代號，全對才給分）(3分)



4. 反應熱的計算有一些簡單的法則：以C(s)+O₂(g)→CO₂(g)的反應熱ΔH為例
若係數為倍數時；2C(s)+2O₂(g)→2CO₂(g)的反應熱2ΔH；若反應式逆寫，則CO₂(g)→C(s)+O₂(g)的反應熱為-ΔH。
若遵循赫斯定律（又名反應熱加成性定律）：一反應為二個反應式的代數和時，其反應熱亦為此二反應熱的代數和。
也可解釋為在條件不變的情況下，化學反應的反應熱只與初狀態和末狀態有關，與中間經過的途徑無關，以C(s)+O₂(g)→CO₂(g)的反應熱ΔH為例：若已知C(s)+1/2O₂(g)→CO(g)的反應熱為ΔH₁，CO(g)+1/2O₂(g)→CO₂(g)的反應熱為ΔH₂，則可知ΔH=ΔH₁+ΔH₂。試以①~⑤式回答以下問題：

- ① 2NH₃(g)+3N₂O(g)→4N₂(g)+3H₂O(l)，ΔH=a kJ
- ② N₂O(g)+3H₂(g)→N₂H₄(l)+H₂O(l)，ΔH=b kJ
- ③ 2NH₃(g)+ $\frac{1}{2}$ O₂(g)→N₂H₄(l)+H₂O(l)，ΔH=c kJ
- ④ H₂(g)+ $\frac{1}{2}$ O₂(g)→H₂O(g)，ΔH=d kJ
- ⑤ H₂(g)+ $\frac{1}{2}$ O₂(g)→H₂O(l)，ΔH=e kJ

- (1) 1g的水蒸發所需能量為何？（以a~e的符號表示，不須單位）(3分)
- (2) N₂(g)+2H₂(g)→N₂H₄(l)的反應熱為何？（以a~e的符號表示，不須單位）(3分)

5. 在混合溶液中，利用加入適當的試劑，使離子依序沉澱，再利用過濾法來達到分離的目的，此為離子定性分析法之一。附表是 A^+ 、 B^+ 、 C^+ 、 D^+ 離子與試劑 X^- 、 Y^- 、 Z^- 、 W^- 、 U^- 反應的情形：

反應試劑	A^+	B^+	C^+	D^+
X^-	+	+	-	-
Y^-	+	-	+	+
Z^-	+	+	+	-
W^-	+	-	-	-
U^-	+	+	-	+

【註：以「+」表示生成沉澱；以「-」表示未生成沉澱】

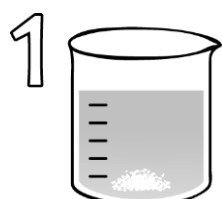
今有一杯 A^+ 、 B^+ 、 C^+ 、 D^+ 的混合溶液，欲此四個陽離子皆分離，操作以下步驟：

- ① 將混合液加入 a 離子，生成沉澱後，過濾分離沉澱與濾液
- ② 將步驟①之濾液加入 b 離子，生成沉澱後，過濾分離沉澱與濾液
- ③ 將步驟②之濾液加入 c 離子，生成沉澱後，過濾分離沉澱與濾液

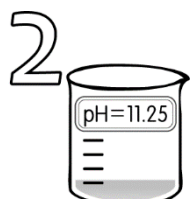
則能使得 A^+ 、 B^+ 、 C^+ 、 D^+ 有三個陽離子形成沉澱，而有一陽離子存在最後的濾液中。

請問：a、b、c 分別為何？(3分)

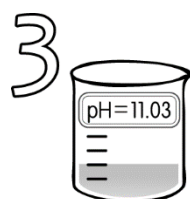
6. 老師於上課時配製未知濃度的碳酸氫鈉溶液，請學生設計實驗檢測其濃度。已知當天氣溫為 20°C ，恩恩同學查資料後得知「碳酸氫鈉為白色晶體，加熱後會形成二氧化碳與碳酸鈉；對水溶解度分別為 96 g/L (20°C) 與 165 g/L (60°C)，水溶液呈弱鹼性」。因此他做了以下的實驗：



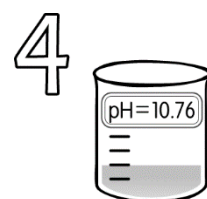
100 mL 水 +
16.8 g 碳酸氫鈉



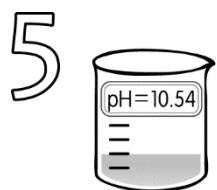
取 10 mL 之步驟 1 碳酸氫鈉溶液
置於燒杯中，以 pH 計測量 pH 值



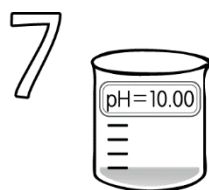
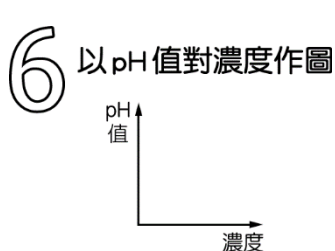
取 10 mL 步驟 1 溶液 +
10 mL 水稀釋，測量 pH 值



取 10 mL 步驟 3 溶液 +
10 mL 水稀釋，測量 pH 值



取 10 mL 步驟 4 溶液 +
10 mL 水稀釋，測量 pH 值



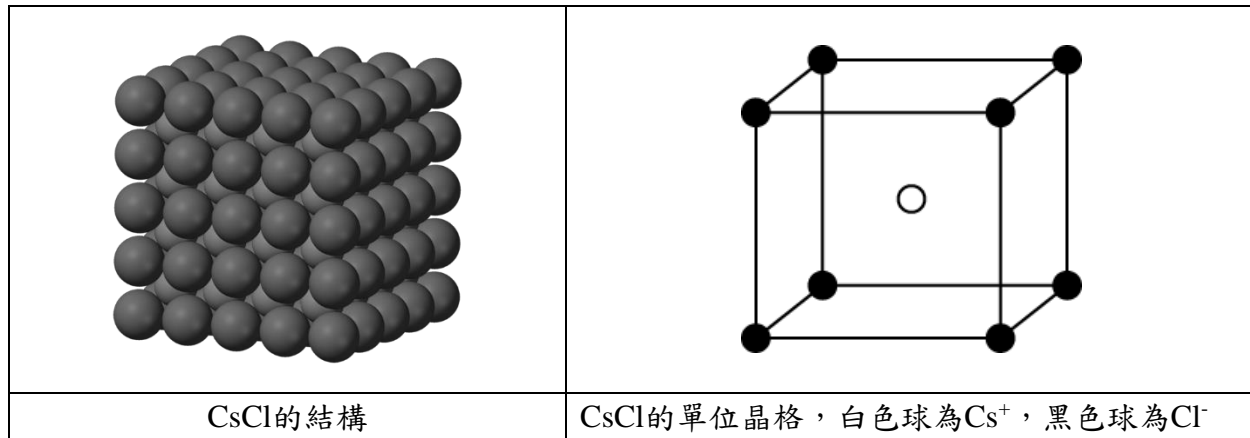
取 10 mL 未知濃度
碳酸氫鈉溶液，測量 pH 值

- (1) 請問當天的碳酸氫鈉溶解度？(請以體積莫耳濃度表示，須標註單位) (3分)
- (2) 請寫出碳酸氫鈉加熱分解反應式。(3分)
- (3) 請寫出並利用氧化數說明該反應是否為氧化還原反應。(3分)
- (4) 請幫恩恩同學以表格列出「不同濃度 (M) 碳酸氫鈉溶液的 pH 值的關係」。(3分)
- (5) 恩恩同學整理實驗數據後，他推論濃度與 pH 值呈正比，得出以下算式：

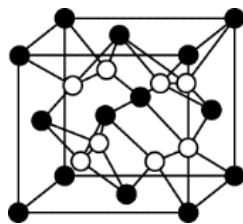
$$\frac{\text{兩點已知濃度的濃度差}}{\text{兩點已知濃度的 pH 值差}} = \frac{\text{已知濃度} - \text{未知濃度}}{\text{已知濃度的 pH 值} - \text{未知濃度的 pH 值}}$$

你認為恩恩是否可以利用此方式得到未知溶液的濃度？並說明原因。(3分)

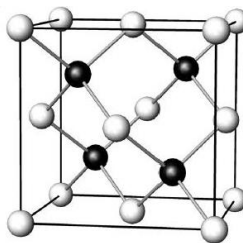
7. 離子化合物的晶體結構為整齊、有次序的排列，下表為氯化銫的結構，在此有次序的結構中，可找到氯化銫最小的重複單元，稱之為「單位晶格」。欲探討 Cs^+ 和 Cl^- 在單位晶格中的離子個數時，由於 Cs^+ 在此晶格的中心，無與其他晶格分享，因此貢獻為1， Cl^- 在此晶格的角上，與周圍8個晶格共享此 Cl^- ，因此每一個 Cl^- 貢獻在此晶格僅有 $1/8$ ，因此8個黑色球體對此晶格貢獻 $1/8 \times 8 = 1$ 個 Cl^- ，由此可知，晶格中的 $\text{Cs}^+:\text{Cl}^-$ 為1:1，其實驗式應為 CsCl 。



- (1) 以黑色球為A、白色球為B，則此晶格所代表的物質，實驗式應為何？(3分)



- (2) 在CsCl的晶格中，中心的離子為 Cs^+ ，距離其最近的 Cl^- 共有8個，因此稱 Cs^+ 的配位數為8，下圖為ZnS的結構，黑色為 S^{2-} ，白色為 Zn^{2+} ，試寫出 S^{2-} 的配位數為何。(3分)

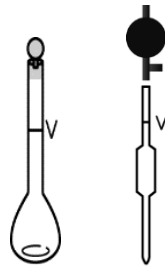


8. 硫酸銅晶體 ($\text{CuSO}_4 \cdot a\text{H}_2\text{O}$) 125g，含結晶水 36%，加熱後失去部分結晶水，剩下的晶體 ($\text{CuSO}_4 \cdot b\text{H}_2\text{O}$) 98g。回答下列問題：
- (1) 求 $a+b=?$ (3分)
 - (2) $\text{CuSO}_4 \cdot a\text{H}_2\text{O}$ 為純物質或混合物？請說明你判斷的標準。(3分)
 - (3) 在加熱 $\text{CuSO}_4 \cdot a\text{H}_2\text{O}$ ，一邊攪拌使得加熱均勻，一邊以肉眼觀察變化晶體變化，應可觀察到何種現象？(3分)
9. 土壤液化 (liquefaction) 是由固體狀態的土壤混合水搖晃轉化為泥漿狀態的行為，就地質材料而言，顆粒愈細的沉積物愈容易產生土壤液化；一般有兩種土壤可能會發生這種現象：一是黏土，另一是細砂或粉砂質土壤，後者地面液化的潛在可能性可用地表樣本的孔隙比 e 加以預測，其公式如下：

$$e = \frac{V_{\text{void}}}{V_{\text{sand}}}$$

其中， V_{void} 為顆粒之間（孔隙）的總體積， V_{sand} 為樣本內砂土顆粒的總體積。如果 e 超過臨界值0.65，則液化將伴隨著地震發生，若已知砂土主要成分為二氧化矽，密度為 2.6 g/cm^3 ，請問當孔隙比 e 恰超過臨界值時相對應的土壤平均密度為多少 g/cm^3 ？（四捨五入至小數點後第一位。）(4分)

10. 請回答以下問題：

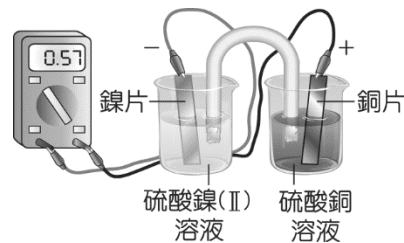


- (1) 請寫出以上兩種儀器的名稱（右側儀器須將上方黑色物體和下方玻璃分開寫）（全對才給分，4分）
- (2) 欲配製 24.5% 稀硫酸（比重 1.2）1 升時，應取適量之 98% 濃硫酸（比重 1.8）後，再加入 V 毫升蒸餾水可得，則 V = ?（4分）

11. 王同學化學電池的實驗，取 4 個燒杯，配製了 4 種溶液並置入 4 種不同的電極，構成甲、乙、丙、丁 4 種半電池（單電池）如附表所示：

半電池	溶液 (1 M)	溶液顏色	電極
甲	硫酸鋅	無色	鋅片
乙	硫酸鎳(II)	綠色	鎳片
丙	硫酸銅	藍色	銅片
丁	硝酸銀	無色	碳棒

上課時，老師先解釋化學電池的原理：化學電池將電子釋出至外電路的電極稱之為負極，也因發生此處氧化反應而稱為陽極；而另一個半電池的電極，反之為正極，或稱為陰極，可接受電子。此外，4 種金屬釋出電子的傾向大小依序為鋅 > 鎳 > 銅 > 銀。附圖是鎳銅電池的簡易裝置。圖中，鎳片置於負極，銅片置於正極，三用電表顯示約 +0.57 V 此鎳銅電池的淨反應為： $\text{Ni}_{(s)} + \text{Cu}^{2+}_{(aq)} \rightarrow \text{Ni}^{2+}_{(aq)} + \text{Cu}_{(s)}$



- (1) 隨著鎳銅電池反應的進行，圖中右側的燒杯中的溶液可能觀測到何種變化？(3 分)
- (2) 若將左側燒杯換成半電池丙，右側燒杯換成半電池甲，則右側的電極為何？
(正極或負極擇一，陽極或陰極擇一，兩者都對才給分) (3 分)
- (3) 若將左側燒杯換成半電池丙，右側燒杯換成半電池甲，則伏特計的讀數會有何改變？
(正值或負值擇一，數值之絕對值 >、= 或 < 0.57 擇一，兩者都對才給分) (3 分)
- (4) 由甲、乙、丙、丁的 4 種半電池，以附圖的方式連結兩半電池時，共可構成幾種電流方向與鎳銅電池相同的電池？（不含鎳銅電池本身）(4 分)