

教育部八十三學年度高級中學化學科 競賽總決賽活動與試題(一)

方泰山 蕭次融 左如茜
國立臺灣師範大學化學系

壹、前 言

本學年度高級中學化學科能力競賽總決賽為期五天假臺灣師範大學化學系舉行，於83年12月27日（星期二）下午辦理報到後，隨即集合學生，由方主任作營務研討，除了說明總決賽程序之外，並由輔導教官解說生活須知。另一方面，護送學生來報到的高中教師及家長，坐滿F322會議室開座談會，由蕭教授解說總決賽程序、升學之路，並介紹IChO（國際化學奧林匹亞）活動與過去三年來我國參與競賽的輝煌成果，盼望有一天我高中化學教師會樂於參與「仲裁」活動，鼓勵學生（參與推薦甄選案被錄取者）踴躍報名（84年4月7日截止）4月15日的「化學筆試」，以便參加「奧林匹亞研習營」（84年4月26日起兩週），座談會中贈送1995年IChO的準備題及歷年準備題各一本。這次總決賽，學生的報到率達100%。

一、競賽方式與趣味團隊競賽：

本次競賽兼顧競賽與教育，整個活動的重心為四個階段理論的筆試，兩個階段各兩個小時的實驗，以及三大關卡的口試。每個競賽之後，緊跟著「解說」。最大特色為具有團隊精神的趣味科學實驗競賽。另外安排三場精心設計能激發同學對化學的熱心與信心的專題演講，詳細情形列如表一。

(一) 競賽辦法

- (1) 學生抽籤組隊，以不同學校的學生六人組成一隊為原則。
- (2) 比賽共四項目，隊員必須商討、協力合作在規定時間內完成。
- (3) 「蛋的浮沉」為計時比賽，完成後應立即舉手示意評審，以評檢驗記錄。
- (4) 「浮沉的玩偶」為技巧比賽，看誰最能操縱浮沉的玩偶隨心所欲，呼喚玩偶浮沉，以表演的精彩度計績，寶特瓶內浮沉玩偶的數目不限。
- (5) 「化學電池」使用限定的器材，比賽持續點亮燈泡的時間。

教育部八十三學年度高級中學化學科競賽總決賽活動與試題參考解答(一)

表一：八十三學年度全國高級中學化學科能力競賽總決賽程序表

12月27日 星期二	12月28日 星期三	12月29日 星期四	12月30日 星期五	12月31日 星期六
	8:10-9:00 賽前說明 (F322)	8:10-10:10 筆 試 (三) (四)	8:10-12:00	8:10-9:00 * 專題演講 (三) (F322)
	9:10-9:50 開幕式 (F322)	(C303)	口 試 (分組)	9:10-10:00 閉幕式，頒獎 科教大樓五樓 演講廳
	10:10-12:00 * 專題演講 (一) (F322)	10:30-12:00 筆試解說 (三) (四) (F322)	(F322A) (F322B) (F321)	10:00-
12:00 - 14:00 午 休				賦 歸
	14:00-16:00	14:00-18:10	14:00-18:00	歸
15:00-16:00 報到(研習中 心地下室)	筆試(E301) (一) (二)	實驗競試 (一) (D407) (二) (D409)	趣味科學實驗 團隊競賽 (E301)	
16:20-17:20 營務研討(研 習中心地下室)	16:30-18:00 筆試解說 (一) (二) (E301)			
18:00 - 19:00 晚 餐				
19:00-21:00 歡迎晚會 (F322)	19:00-21:00 * 專題演講 (二) (F322)	19:00-21:00 實驗競試解說 (F322)	19:00-21:00 惜別晚會 (C403)	

註：評審會議(一) 12月28日，14:00-16:00，地點F322

註：評審會議(二) 12月30日，14:00-18:00，地點F322

- * 專題演講(一) 國立臺灣大學化學系教授兼國科會化學研究推動中心主任：牟中原博士主講。講題：原子分子結構
- * 專題演講(二) 國立臺灣師範大學化學系教授：劉高家秀博士主講。講題：化學實驗的設計與執行。
- * 專題演講(三) 中央研究院化學研究所所長兼中國化學會理事長：周大紓博士主講。講題：臺灣地區的化學研究

- (6) 「未知溶液的檢定」比賽檢定未知溶液的正確數目，同點時以先交卷者為勝。
- (7) 每一項目比賽給分標準如下：

名次	1	2	3	4	5	6
得分	10	6	4	3	2	1

- (8) 總錦標的名次以各項比賽所得分數之和為序。
- (9) 本趣味競賽重視團隊的合作精神，因此設有合作精神獎。
- (10) 競賽時間共有四小時，但最後一小時留為「浮沉的玩偶」表演，每一隊的全體隊員應一起上台表演以便記分。
- (11) 雖為通通有獎，但第一名與第二名另頒「大獎」。

(二) 項目

(1) 蛋的浮沉

設法使三個雞蛋在同一容器內，同一時間有一個沉、一個浮出水面，一個停留在水中（持續至少五分鐘）。比賽那一隊最先完成。

(2) 化學電池

器材為鉛片、硫酸、PE網、電線與鱷魚夾，燈泡、手搖發電機、磨砂紙、剪刀。

(3) 浮沉的玩偶

器材為吸管（1 cc塑膠製）、銅釘、油性色筆、剪刀、茶杯、寶特瓶。使寶特瓶內使浮沉的玩偶浮浮沉沉，比賽誰最能呼喚玩偶，操縱其沉浮，隨心所欲。

(4) 未知溶液的檢定

未知溶液 10 瓶各為約 0.1 M 的 HCl 或 NaOH 溶液，內含有酚酞，酚紅、石蕊、甲基橙、甲基紅、溴瑞香草藍等指示劑。

二、理論與實作試題集錦：

今年度的競賽試題，由評審委員會在比賽二個月之前會商；物理化學及兩個實作，由臺灣師範大學化學系負責。分析試題由彰化師範大學化學系主導，而有機及無機則分別由高雄師範大學化學系及科教所命題，至於配分比例，也分別決定。為配合高級中學的實際教學進度及加強實驗操作的本質，理論部份共 200 分，分別為：物化、無機、分析各占 55 分，而有機為 35 分；實作兩站分別為定性及定量，各占 100 分；口試 100

分；共500分。競賽各試題集列如下，以饗讀者。由於篇幅所限，競賽成果與各試題之參考答案及評析，將陸續在本刊登出。理論部份：Ⅰ、物理化學 Ⅱ、無機化學 Ⅲ、分析化學 Ⅳ、有機化學。實驗部份：實作一、實作二。

貳、理論部份

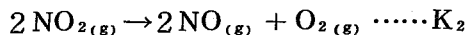
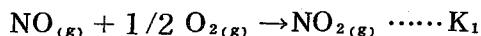
(Ⅰ) 物理化學

一、選擇題：(每題4分，共20%)

1. 下列那一種反應熱，總是負值？

- (a) 溶液生成熱
- (b) 化合物生成熱
- (c) 燃燒熱
- (d) 熔融熱
- (e) 汽化熱

2. 下列二類氣相反應之平衡常數，在25℃，分別為 K_1 及 K_2 ：



則 K_1 和 K_2 之關係，可表為下列那一項？

- (a) $K_2 = 1/K_1^2$
- (b) $K_2 = K_1^2$
- (c) $K_2 = 2K_1$
- (d) $K_2 = (1/2)K_1$
- (e) $K_2 = 1/K_1$

3. 下列那一項可用來區別溶液和膠體？

- (a) 溶液由溶質和溶劑組成，而膠體由分散質和分散劑組成。
- (b) 溶液通電後溶質微粒向兩極遷移，膠體則是分散質微粒向一極移動。
- (c) 溶液溶質微粒不帶電，膠體中分散質微粒帶有電荷。
- (d) 一束光通過溶液沒有特殊現象，膠體則出現明暗的光路。
- (e) 溶液中溶質微粒不一定帶電，膠體中分散質微粒，則帶電。

4. 用惰性電極，電解下列溶液，一段時間後，原溶液濃度增大，且其pH值減小

的是那一種？

- (a) H_2SO_4
- (b) NaOH
- (c) AgNO_3
- (d) NaCl
- (e) CuCl_2

5. 雖然原子之大小不一致，但大部份原子直徑的數量級為下列那一項？

- (a) 10^{-12} cm
- (b) 10^{-8} cm
- (c) 10^{-6} cm
- (d) 10^{-4} cm
- (e) 10^{-2} cm

二、填充題 (30%)

1. 兩個燒瓶X及Y，同時浸在恆溫槽分別盛有理想氣體，X瓶氣體之密度為Y瓶之二倍，而分子量則是X瓶為Y瓶之二分之一，那麼X/Y瓶之壓力比為：_____。
2. 右圖為週期表的一部份，已知X、Y、Z、V、W原子核外共有85個電子，那麼X的元素符號為：_____。
3. 某一理想溶液，是由莫耳分律 x_1 和 x_2 的二種成份組成，各自的蒸氣壓為 p_1° 及 p_2° 則此溶液之總蒸氣壓為：_____。
4. 若0.1M醋酸溶液的電離率為 α ，則V升溶液中含 CH_3COOH 的莫耳數為：_____。
5. 將分別盛有熔融態的氧化鈉、氧化鎂、氧化鋁的三個電解槽串聯電解，則同一時間內，所析出之鈉、鎂、鋁的物質之莫耳量比為：_____。
6. 若某化合物的化學反應速率為零級反應，其濃度(C)和時間(t)的關係為：
 $C = C_0 - k_0 t$ ，其中 k_0 及 C_0 分別為反應數率常數及起始濃度，則該反應的半生期($t_{1/2}$)可表為：_____。
7. 某溶液含0.1m NaCl 及0.2m CaCl_2 ，則該溶液之離子強度(定為 $1/2 \sum m_i Z_i^2$)為：_____。
8. 氧分子的電子點式的共振結構為：_____。
9. 在300K時，分子量為m的某化合物飽和水溶液，莫耳濃度為M(莫耳/升)，密度為D(克/厘米³)，則該物質的溶解度為_____克化合物/100克溶劑。

	V	
X	Y	Z
	W	

10. 一耙(bar)為 1×10^5 帕, 則 1 耙為 _____ 大氣壓(atm)。

三、計算及申論題(50%)

- 試利用拉午耳定律(對非常稀薄之理想溶液, $P = XP^\circ$)導出沸點上升和重量莫耳濃度 m 之關係式 $\Delta T_b = K_b m$ 。(10%)
- 某潛水員攜帶供呼吸的純氧和空氣為 1:4 之氣體在 18°C 深度的海水下作業。試利用下列數據計算並說明, 該潛水員作業完畢後迅速升到水面, 該員 4.00 dm^3 血液中將釋出 0.119 dm^3 氮氣。(15%)

已知: (1) 18°C 時, 水的密度為 0.9986 克/cm^3

(2) 1 大氣壓 = 10.34 米水柱

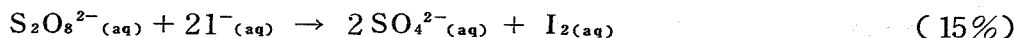
(3) 空氣含氮 78 % (體積百分數)

(4) 人體體溫 37°C

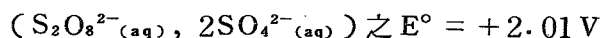
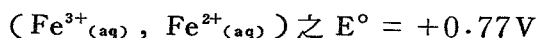
(5) 30°C 時, 1 體積水溶 0.0134 體積氮氣; 40°C 時, 則 1 體積水溶 0.0118 體積氮氣。

(6) 氮氣在血液中之溶解度和在水中相同。

- 過二硫酸根($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$)和碘離子在水溶中的氧化還原反應可表為:



- 試利用下列的標準還原電位來解釋此反應可被 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ 催化:



- 已知 Cr^{3+} 是無法催化上述之反應, 預測 Cr^{3+} , Cr^{2+} 之可能標準還原電位(E°), 並以其標準還原電位說明之。

- 德國達木士塔重離子研究中心在一九九四年十一月九日下午四時三十九分發現了目前原子量質量為 269 amu 最重的元素。

試問: (a) 此元素之原子序為何? 質子數有多少? (1%)

(b) 此元素符號如何表示? (1%)

(c) 你的教科書上最後的元素, 原子序為何? 中文為何? 若依此法命此元素的中文, 有什麼問題會產生? (3%)

(d) 試估計此元素之生命期。 (2%)

(e) 科學家預測原子核最大容量可以容納多少的質子? 研究者期待的這個

元素之原子序有多大？會落在週期表之那一族？ (3%)

參考解答

一、選擇題：(20%，每題4分)

1. (c) 2. (a) 3. (d) 4. (a) 5. (b)

二、填充題：(30%，每題3分)

1. 4 2. Si
 3. $p_1^0 x_1^0 + p_2^0 x_2$ 或 $[(p_1^0 - p_2^0) x_1 + p_2^0]$ 或 $p_1^0 x_1^0 + p_2^0 (1 - x_1)$
 4. $(0.1)(1 - \alpha)V$ 5. 6:3:2
 6. $t_{1/2} = \frac{C_0}{2k_0}$ 7. $\frac{1}{2}(0.1 \times 1^2 + 0.2 \times 2^2 + 0.5 \times 1^2) = 0.7m$
 8. $:\ddot{O}: :\ddot{O}: \longleftrightarrow +:\ddot{O}: \ddot{O}:^- \longleftrightarrow -: \ddot{O}: \ddot{O}:^+$
 9. $\frac{100 \text{ mM}}{1000D - \text{mM}}$ 10. 0.9869

三、計算及申論題：(50%)

1. 解： $\Delta T_b \propto \Delta P = P^0 - P$ ，即 $\Delta T_b = k(P^0 - P) \dots\dots(1)$ (3分)

$$\text{而 } P = x_2 P^0 = (1 - x_1) P^0 \quad \therefore \frac{P}{P^0} = 1 - x_1$$

$$x_1 = 1 - \frac{P}{P^0} = \frac{P^0 - P}{P^0} = \frac{n}{N} \quad \therefore P^0 - P = \frac{n}{N} P^0 \dots\dots(2) \quad (3\text{分})$$

$$(2)\text{代入}(1) \quad \Delta T_b = k \cdot \frac{n}{N} P^0 = k P^0 \cdot \frac{n}{\frac{W}{M}} = k P^0 M \cdot \frac{n}{W} = k_b \cdot m \quad (4\text{分})$$

2. 解：

$$(1) \text{ 在 } 40 \text{ 米深， } 18^\circ\text{C} \text{ 時之水壓爲 } 40.0 \div 10.34 = 3.87 \text{ 大氣壓} \quad (3\text{分})$$

$$(2) \text{ 所呼吸氣體，含 } N_2 \text{ 量 } (80\% \times 78\%) = 62.4\% \quad (3\text{分})$$

(3) 溫度每升高 1°C ，氮氣溶解度，降低

$$\frac{0.0134 - 0.0118}{10} = 0.00016 \text{ 體積 } N_2 / 1 \text{ 體積水} \quad (3\text{分})$$

(4) $\therefore$ 在 37°C 之 N_2 氣在水裡之溶解度爲：

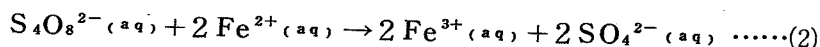
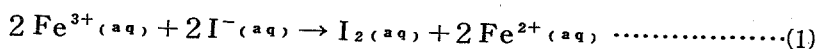
$$0.0134 - 0.00016 \times 7 = 0.0123 \text{ 體積 } N_2 / 1 \text{ 體積水} \quad (3\text{分})$$

(5) 4.00 dm^3 血中，可釋出(由40米水柱所增之溶解 N_2)

$$4 \times 0.0123 \times 3.87 \times 0.624 = 0.1188 \text{ dm}^3 \# \quad (3\text{分})$$

3. 解：

(a) $S_2O_8^{2-}(\text{aq}) + 2 I^- (\text{aq}) \rightarrow 2 SO_4^{2-}(\text{aq}) + I_2(\text{aq})$ ，反應被 $Fe^{3+}(\text{aq})$ 催化之機制可能如下：



$$(1)\text{式之 } E_1^\circ = +0.77 \text{ (V)} - 0.54 \text{ (V)} = +0.23 \text{ V} \quad (5\text{分})$$

$$(2)\text{式之 } E_2^\circ = 2.01 \text{ (V)} - 0.77 \text{ (V)} = +1.24 \text{ V} \quad (5\text{分})$$

都為正值，可以自然發生，故(1)(2)之機制是正確。

(b) 若(a)之(1)(2)式中之 Fe^{3+} 代以 Cr^{3+} ，須 E_1° 及 E_2° 大於零，則(Cr^{3+} , Cr^{2+})之 E° 值需 $E^\circ - 0.54 < 0$ 或 $2.01 - E^\circ < 0$ (不合)

$\therefore$ 即需 $E^\circ < 0.54 \text{ (V)}$

實際值(查表)為 -0.41 V (5分)

4. 解：

(a) 110 (1分)

(b) U_{an} (1分)

(c) 109，鈇，針(現已有之國字，與事實不符) (3分)

(d) 生命期小於千分之一秒 (2分)

(e) 114，114，C族[即IV A族，在鉛(Pb)之下] (3分)

(未完待續)